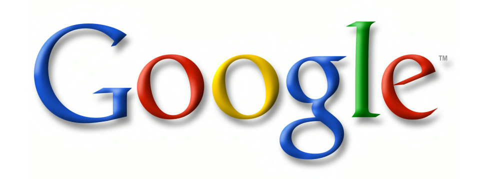



NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06274455 6



ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

PARIS. — IMPRIMERIE ARNOUS DE RIVIÈRE, RUE RACINE, 26.

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

TROISIÈME SÉRIE

TOME V

Année 1878



PARIS

DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Augustins, 49

1878

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1878 Janvier-Février

SUPPRESSION DES CONDENSATEURS

DANS LA TRANSMISSION DOUBLE PAR L'APPAREIL HUGHES.

Sur l'arbre des cames, prolongé de 2 centimètres en dehors du pont extérieur, sont placées trois nouvelles cames A, B, C, qui communiquent ainsi avec le massif M relié lui-même en O à la ligne artificielle.

La première came A donne le mouvement à un levier EH dont l'extrémité DE est en ivoire (ce qui l'isole du massif). Le centre de ce levier, F, est relié à la tête du relais différentiel G : au repos, il met la ligne à la terre par le bouton H et la résistance R'''; dans le mouvement que lui imprime la came A, il vient appuyer sur le bouton I, et le courant de la pile est envoyé sur la ligne.

Le levier ordinaire de l'appareil JK, partant avant la mise en mouvement de l'arbre des cames, ne pouvait pas me servir pour l'émission du courant de la ligne; il a été utilisé pour le réglage.

On règle la longueur des ressorts LN, L′N′ et les résistances R, R′ de manière à obtenir autant que possible l'immobilité de la lumière. On replace alors la cheville *b* et le mouvement du miroir ne pouvant plus être causé que par l'action de la décharge, on la combat à son tour par la longueur des ressorts et par les résistances R^{IV}, R^{V}. Après ces opérations on enlève les deux chevilles *a* et *b* du commutateur T.

Il paraît résulter de nos expériences que les longueurs de contact des cames sur les ressorts, une fois obtenues pour une ligne, ne varient plus, et qu'il suffit, pour modifier suffisamment le réglage, de toucher aux résistances.

Entre Marseille et Lyon, le système a fonctionné régulièrement dans les conditions suivantes :

Les contacts des cames sur les ressorts étaient à peu près de 15 millimètres; 5 millimètres pour le premier ressort et 10 millimètres pour le second.

Les résistances étaient :

R.	1.400	unités.
R′.	4.900	—
R″.	2.600	—
R‴.	1.000	—
R^{IV}.	3.200	—
R^{V}.	18.000	—

F. AILHAUD.

NOUVEAU

SYSTÈME DE TÉLÉGRAPHIE DOUBLE

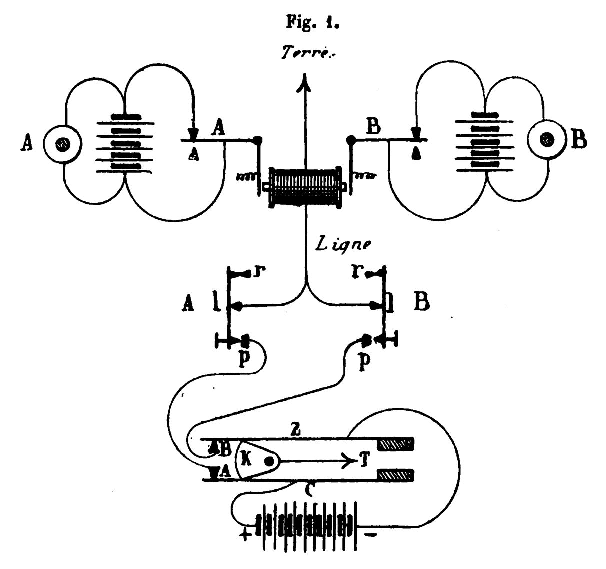
DE M. SIEUR.

J'ai imaginé un nouveau système de télégraphie double fondé sur l'emploi d'un distributeur ou inverseur automatique divisant le temps en intervalles égaux, successivement occupés par des courants de sens contraires; ces courants sont recueillis séparément à l'arrivée par des relais polarisés. Ce système permet de transmettre simultanément soit deux dépêches dans le même sens, soit deux dépêches en sens contraire.

I. *Transmission de deux dépêches dans le même sens.* — 1° Le distributeur ou inverseur automatique se compose d'un mouvement d'horlogerie sur le dernier axe duquel est montée une came K tournant entre deux ressorts en lames d'acier, ou deux leviers C, Z, que la came soulève alternativement dans son mouvement de rotation. Nous supposerons que cette came tourne à la vitesse de 20 tours par seconde. Le distributeur étant en marche, la came K, qui est en communication avec la terre, rencontre d'abord et soulève pendant $\frac{1}{40}$ de seconde le levier C, et met, pendant ce temps, le pôle positif de la pile à la terre, tandis que le pôle négatif est mis en communication avec l'enclume p du manipulateur B par le levier Z et le butoir B.

Puis, la came, abandonnant le levier C, qui vient se remettre sur son butoir A, soulève pendant $\frac{1}{40}$ de seconde

Fig. 1.



le levier Z et met le pôle négatif de la pile à la terre, tandis que le pôle positif est mis en communication avec l'enclume *p* du manipulateur A par le levier C et son butoir A ; et ainsi de suite.

La réception s'obtient au moyen d'un relais polarisé à deux armatures dont l'une, A, ne fonctionne que sous l'influence du courant positif, et l'autre, B, sous l'influence du courant négatif. On peut également se servir de deux relais polarisés à une armature.

Si le manipulateur A transmet seul, la ligne est mise en communication avec l'enclume *p* du manipulateur A. On aura donc sur la ligne une série d'émissions de courant positif et d'interruptions de courant se succédant à $\frac{1}{40}$ de

seconde d'intervalle et se rendant à la terre en passant dans les relais du poste d'arrivée.

L'armature B du relais, qui ne peut fonctionner que sous l'influence du courant négatif, reste immobile sur son contact supérieur avec laquelle elle ferme sans résistance le circuit d'une pile locale dont les deux pôles sont également reliés à travers le récepteur B; mais la pile locale ayant son circuit fermé sans résistance, le récepteur B ne reçoit rien. L'armature A du relais est attirée sous l'influence des émissions de courant positif. Pendant $\frac{1}{40}$ de seconde cette armature sera attirée, et ne le sera plus pendant le $\frac{1}{40}$ de seconde suivant, et ainsi de suite. Le courant de la pile locale dont le circuit sans résistance est fermé par l'armature A et son contact supérieur, passera dans le récepteur A pendant tout le temps que l'armature A sera attirée, plus pendant tout le temps qu'elle mettra à revenir sur son contact supérieur. Le récepteur A étant convenablement réglé, produira le même effet que s'il était sous l'influence d'un courant non interrompu pendant tout le temps des oscillations de l'armature A, et il recevra ainsi la transmission du manipulateur A du poste de départ.

Si le manipulateur B transmet seul, on aura sur la ligne une série d'émissions de courant négatif. L'armature B du relais du poste d'arrivée oscillera seule et fera fonctionner le récepteur B comme il vient d'être expliqué pour le récepteur A.

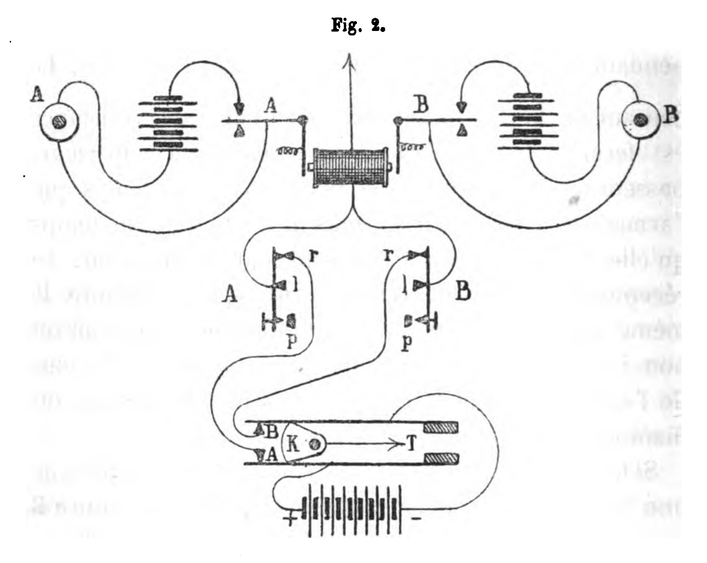
Si les deux manipulateurs transmettent à la fois, on aura sur la ligne une série d'émissions alternées de courant positif et de courant négatif. Au poste d'arrivée, les deux armatures du relais oscilleront et feront fonc-

tionner chacune son récepteur. En un mot, tout le système consiste dans la possibilité de faire vibrer à volonté, soit l'une, soit l'autre des deux armatures, soit toutes deux à la fois.

L'action des armatures sur leur récepteur peut s'obtenir de plusieurs manières : soit que l'on profite, comme nous l'avons vu, du moment où les armatures vibrent, pour faire passer un courant local dans les récepteurs; soit que l'on profite, au contraire, de la position de repos, ainsi que nous allons le voir.

2° Dans l'installation représentée *fig.* 2, le distributeur

Fig. 2.



envoie le courant sur les enclumes de repos, *r*, des manipulateurs; de sorte que, les manipulateurs étant au repos, les émissions de courant sont envoyées sur la ligne et l'on a ainsi une série d'émissions successives de courant positif et de courant négatif. Au poste d'arrivée, les deux armatures oscillent entre leurs contacts. Mais, la vitesse

des inversions étant suffisante et le réglage du relais étant convenable, on obtient ainsi un effet pratiquement le même que si les armatures restaient immobiles à distance égale de leur contact inférieur et de leur contact supérieur; elles n'ont, par conséquent, aucune action sur les récepteurs, qui restent au repos comme les manipulateurs du poste de départ.

Si le manipulateur A transmet seul, le levier *l* de ce manipulateur n'étant plus en contact avec son enclume *r*, les émissions de courant positif n'ont plus lieu sur la ligne. Il n'y a plus que des émissions de courant négatif et des interruptions de courant. Au poste d'arrivée, l'armature B du relais continue ses oscillations, tandis que l'armature A se met sur son contact supérieur et ferme le circuit de la pile locale à travers le récepteur A qui fonctionne.

Si le manipulateur B transmet seul, ce sont les émissions de courant négatif qui cessent sur la ligne, et l'armature B, cessant ses oscillations, vient se mettre sur son contact supérieur et fait fonctionner le récepteur B.

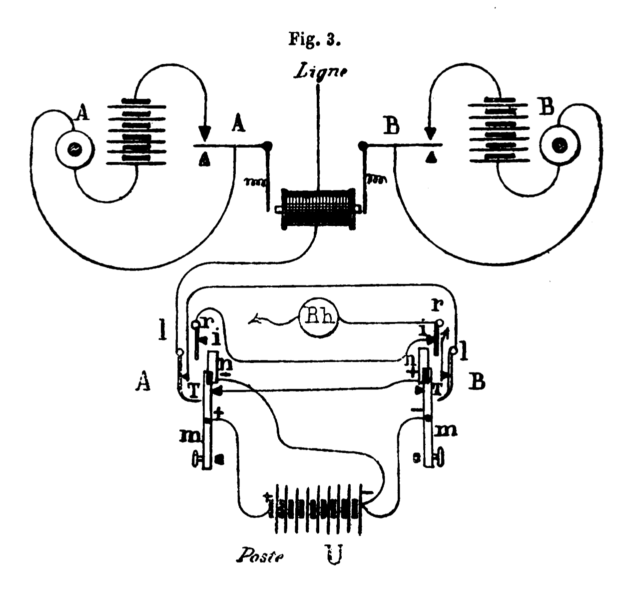
Si les deux manipulateurs transmettent à la fois, aucune émission de courant n'a lieu sur la ligne. Les deux armatures restent sur leur contact supérieur et font fonctionner les deux récepteurs.

II. *Transmission de deux dépêches en sens contraire.* — Le problème de la double transmission est ainsi résolu, mais dans le même sens seulement.

Étudions l'installation de deux postes O et U montés en double communication sur un même fil, c'est-à-dire disposés de telle sorte que chaque appareil d'un poste peut recevoir ou transmettre à volonté à l'appareil correspondant de l'autre poste sans troubler la réception ou la transmission de l'appareil voisin. Le poste O seul est

pourvu du distributeur : il est monté comme l'indique la *fig.* 2 : les fils reliant les bornes *l* des manipulateurs se rejoignent et, au lieu d'aboutir directement à la ligne comme dans le cas précédent, sont reliés à celle-ci par l'intermédiaire du relais récepteur. La *fig.* 3 montre

Fig. 3.



l'installation du poste U. L'entrée du fil de ligne dans la bobine du relais dans les deux postes est disposée de façon que les armatures A oscillent sous l'influence du courant positif envoyé du poste O au poste U, et que les armatures B oscillent sous l'influence du courant négatif envoyé du même poste. Les leviers *m*, *n* des manipulateurs du poste U sont formés de deux parties métalliques *m* et *n* isolées l'une de l'autre. A la position de repos, le distributeur du poste O envoie directement sur la ligne une série d'émissions alternées de courant positif et de courant négatif qui traversent les relais des

deux postes et se rendent à la terre au poste U en passant par le levier *l* et le contact T du manipulateur A, le levier *l* et le contact T du manipulateur B. Dans les deux postes, les armatures A et B du relais oscillent et n'ont aucune action sur le récepteur correspondant.

Si le manipulateur A du poste O (*fig.* 2) transmet seul, nous savons que les émissions de courant positif sont supprimées. Dans les deux postes l'armature A, cessant ses oscillations, vient se mettre sur son contact supérieur et fait fonctionner le récepteur A. Si le manipulateur B du poste O transmet seul, ce sont les émissions de courant négatif qui sont supprimées, et le récepteur B fonctionne dans les deux postes. Si les deux manipulateurs du poste O transmettent à la fois, aucune émission de courant n'ayant lieu sur la ligne, les armatures des deux postes reviennent sur leur contact supérieur et tous les récepteurs fonctionnent. (Nous voyons que la réception se produit au départ comme à l'arrivée.)

Si le manipulateur A du poste U transmet seul, la partie *m* de ce manipulateur vient se mettre en contact avec le levier *l* et le soulève tandis que la partie *n* soulève le levier *r*. Le courant négatif de la pile de ligne, venant à la partie *n*, passe par le levier *r* du manipulateur A, le contact *i* et le levier *r* du manipulateur B et va à la terre à travers un rhéostat Rh, tandis que le courant positif, passant par la partie *m* et le levier *l* du manipulateur A, s'en va sur la ligne à la rencontre des émissions de courants inversés venant du poste O. Les émissions de courant négatif du poste O s'ajoutent en tension au courant positif envoyé du poste U; mais le rhéostat Rh, qui est introduit dans le circuit, est réglé de façon à réduire l'intensité de courant ainsi obtenue à l'intensité d'une seule pile; les émissions du courant

négatif du poste O continuent donc d'agir comme à la position de repos des manipulateurs du poste U, et l'armature B, dans les deux postes, continue ses oscillations. Les émissions de courant positif du poste O sont annulées par le courant positif du poste U; par conséquent, l'armature A, dans les deux postes, cesse ses oscillations, et, se mettant sur son contact supérieur, fait fonctionner le récepteur A.

Si le manipulateur B du poste U transmet seul, la partie *m* de ce manipulateur soulève le levier *l* pendant que la partie *n* soulève le levier *r*. Le courant positif de la pile de ligne passant par la partie *m* et l'enclume de repos du manipulateur A, la partie *n* et le levier *r* du manipulateur B, va à la terre à travers le rhéostat Rh, tandis que le courant négatif, passant par la partie *m* et le levier *l* du manipulateur B, le contact T et le levier *l* du manipulateur A, s'en va sur la ligne à la rencontre des émissions de courants inversés venant du poste O.

Les émissions de courant positif du poste O n'étant pas contrariées par le courant négatif du poste U, l'armature A, dans les deux postes, continue ses oscillations. Les émissions de courant négatif du poste O sont annulées par le courant négatif du poste U, et, dans les deux postes, l'armature B cessant d'osciller, fait fonctionner le récepteur B.

Si les deux manipulateurs du poste U transmettent en même temps, le pôle positif de la pile de ligne est mis en communication avec la ligne par la partie *m* et le levier *l* du manipulateur A. Mais le pôle négatif passant par la partie *m* et le levier *l* du manipulateur B est isolé au contact T du manipulateur A; le même pôle passant par la partie *n* et le levier *r* du manipulateur A est isolé aussi au contact *i* du manipulateur B. Il y a donc rupture

du circuit de la ligne; par conséquent aucune émission de courant ne peut avoir lieu sur la ligne ni de l'un ni de l'autre des deux postes; les armatures A et B reviennent donc sur leur contact supérieur et tous les récepteurs fonctionnent.

Si le manipulateur A du poste O transmet en même temps que le manipulateur B du poste U, le mouvement du premier a supprimé les émissions du courant positif du poste O. Le mouvement du second a envoyé sur la ligne un courant négatif qui annule les émissions de courant négatif qui continuent à être envoyées du poste O; par conséquent aucun courant n'influence plus les relais: toutes les armatures reviennent sur leur contact supérieur et font fonctionner tous les récepteurs. Le même effet a lieu, mais par les moyens inverses, quand le manipulateur B du poste O transmet en même temps que le manipulateur A du poste U.

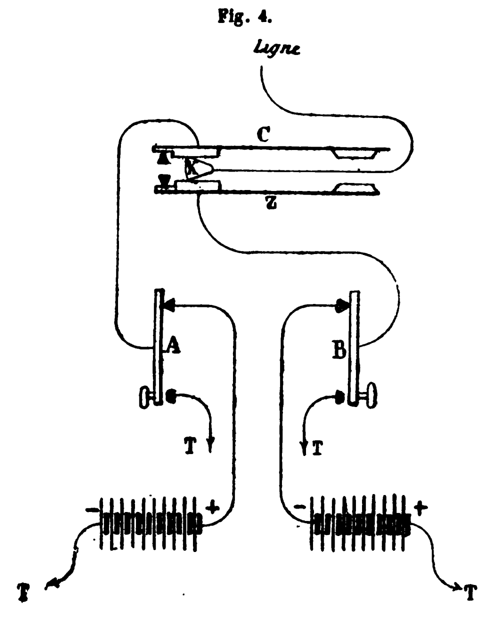
III. *Transmission quadruple.* — La combinaison de la double transmission dans le même sens (§ I) avec la transmission « duplex » actuellement en usage dans divers pays, donne pour résultat la quadruple transmission. L'installation de deux postes en quadruple transmission exige un distributeur pour chacun d'eux. En outre, les relais doivent être placés dans un pont de Wheatstone, ou bien, munis de bobines différentielles suivant les principes de la transmission duplex.

Remarque. — Les distributeurs peuvent à volonté être placés entre la pile de ligne et les manipulateurs, ainsi qu'on l'a vu précédemment, ou bien encore, entre les manipulateurs et la ligne, suivant l'installation représentée *fig.* 4.

Les manipulateurs sont en communication, A avec le

levier C du distributeur, B avec le levier Z du distributeur. La came du distributeur est en communication

Fig. 4.



avec la ligne. A la position de repos, le manipulateur A met le levier C du distributeur en communication avec une pile positive; le manipulateur B met en communication le levier Z du distributeur avec une pile négative. De la sorte, la came, dans son mouvement de rotation, met alternativement la ligne en communication avec une pile positive et avec une pile négative, ce qui donne lieu aux mêmes effets que nous avons observés précédemment.

A la position de transmission, les manipulateurs mettent le levier correspondant du distributeur à la terre et suppriment ainsi les émissions de courant tout en gardant une position de réception. On peut aussi, comme nous

l'avons vu en commençant, profiter de la position de transmission pour envoyer le courant sur la ligne, et de la position de repos pour mettre la ligne à la terre; il suffit d'intervertir les communications des enclumes des manipulateurs.

SIEUR,
Chef du bureau télégraphique de Provins.

DES GRANDEURS ÉLECTRIQUES

ET DE LEUR MESURE EN UNITÉS ABSOLUES

VI

(Suite.)

FORCE ÉLECTROMOTRICE DE CONTACT. — COURANTS THERMO-ÉLECTRIQUES.

134. *Force électromotrice due au simple contact.* — Volta a établi la théorie de la pile électrique en partant du principe que le simple contact de deux métaux produit une différence de tension ou de potentiel; cette théorie, complétée par les découvertes récentes, est adoptée aujourd'hui par un certain nombre de physiciens.

L'expérience de M. Thomson, que nous avons citée (nº 129), met hors de doute le développement d'électricité au simple contact de deux métaux; si le couple des deux métaux est isolé, l'un d'eux se charge d'électricité positive, l'autre d'une quantité égale d'électricité négative, et les charges sont telles que la différence des potentiels des deux corps soit une quantité fixe, qui dépend de leur nature.

Lorsqu'on connaît la différence de potentiel, E, produite par le contact de deux corps et leurs capacités électrostatiques, A et B, on peut en déduire la valeur des potentiels V et V′, et par suite les charges AV et BV′

de ces deux corps. On a, en effet :

$$V - V' = E,$$
$$AV + BV' = 0,$$

d'où l'on tire

$$V = \frac{BE}{A+B} \quad \text{et} \quad V' = -\frac{AE}{A+B}.$$

Les charges égales et de signe contraire sont $\frac{ABE}{A+B}$ et $-\frac{ABE}{A+B}$.

Si les deux corps en contact sont en communication avec une source électrique développant un potentiel V_1, leurs potentiels deviennent $V_1 + V$ et $V_1 + V'$.

L'énergie électrique des charges qui se trouvent répandues sur les surfaces extérieures des deux conducteurs en contact et la chaleur qui s'est développée pendant la transmission de l'électricité à travers les corps doivent correspondre à une perte équivalente d'énergie ou de chaleur. Le fait, découvert par Peltier, du refroidissement d'une soudure ou de son échauffement suivant qu'un courant la traverse dans la direction de la force électromotrice de contact ou dans une direction contraire paraît donner la clef de ce phénomène ; la chaleur perdue par la soudure pendant la charge, et qui produit son refroidissement, doit être équivalente à la charge absorbée par les conducteurs pendant la transmission du fluide, augmentée de l'énergie de la couche électrique. Toutefois cette explication n'est pas entièrement satisfaisante, car la chaleur ne peut passer directement d'un point à un autre que si la température du dernier est moins élevée.

L'énergie électrique développée sur deux corps en contact est du reste très-faible ; aussi la perte de cha-

leur de la soudure est-elle imperceptible dans le cas où deux corps isolés sont électrisés par leur simple contact; mais rien n'empêche de concevoir un système de conducteurs assez étendu pour que cette perte ne soit pas négligeable.

Il convient de remarquer qu'outre les charges électriques qui se portent sur les surfaces extérieures de deux corps en contact, et qui dépendent de leur forme et de leur étendue, il se développe sur les deux surfaces qui se touchent des charges égales d'électricités contraires, qui restent en présence sans se combiner, et doivent être telles que la condition de l'égalité du potentiel soit remplie dans toute l'étendue de chacun des deux conducteurs, c'est-à-dire que que la somme $\sum \frac{q}{r}$ (n° 17) soit constante pour chacun d'eux.

Les deux couches ne doivent pas être considérées comme restant en présence, à la surface idéale de séparation des deux corps; elles occupent sans doute de chaque côté de cette surface un petit espace, de sorte que la variation du potentiel de l'un des corps à l'autre n'est pas dans un sens rigoureusement mathématique un saut brusque, mais un changement très-rapide dans le voisinage de cette surface.

Ces deux couches électriques contraires ne sont séparées par aucun corps isolant; quelle est la force qui les empêche de se combiner et d'équilibrer directement leur état électrique? Suivant Helmholtz ce fait tiendrait à ce que les diverses substances exercent des attractions différentes sur les deux électricités; d'après Clausius c'est la *chaleur qui agit dans la formation et la conservation de la différence de niveau potentiel au contact, en ce que le mouvement moléculaire, que nous nommons chaleur,*

pousse l'électricité d'une substance vers l'autre, et que son action ne peut être contre-balancée que par l'action contraire des deux couches électriques ainsi produites, lorsque celles-ci ont atteint une certaine densité (*). Les phénomènes thermo-électriques justifient cette conception.

Quoi qu'il en soit, il résulte de la présence de ces deux couches électriques contraires qu'il faut développer, pour séparer deux corps, plus d'énergie qu'il n'en a fallu pour les amener au contact; la différence se retrouve sous forme d'énergie électrique, ainsi qu'on l'a vu dans l'étude des machines électriques à frottement (n° 128).

135. Considérons, au lieu de deux métaux isolés en contact, une chaîne fermée formant un circuit complet. Si elle ne comprend que deux métaux et si la température est uniforme, il ne peut se produire de courant puisque les deux forces électromotrices de contact sont égales et agissent en sens contraire.

L'expérience prouve également qu'il ne se produit pas de courant dans une chaîne composée de plusieurs métaux, A, B, C, D, E, lorsque les soudures sont à une température uniforme, d'où il faut conclure que la force électromotrice développée au contact de deux des métaux AB est égale et de sens contraire à la somme algébrique des forces électromotrices dues aux autres contacts BC, CD, DE et EA. Ce fait peut être considéré comme évident, car si les forces électromotrices ne s'annulaient pas, il se produirait un courant, et le travail, ou la chaleur qu'il développerait, ne correspondrait à aucune perte de chaleur ou d'énergie (**).

(*) *Théorie mécanique de la chaleur*, de Clausius, traduction de M. Folie.

(**) Il convient cependant de remarquer que ce travail pourrait, à la rigueur, correspondre à une perte de chaleur due au refroidissement d'une ou de plusieurs des soudures, comme dans le cas où, le circuit étant ouvert, les métaux prennent des potentiels différents.

La détermination de la force électromotrice de contact présente d'assez grandes difficultés. Suivant M. Thomson, celle qui correspond au contact du fer et du cuivre serait la moitié de celle d'un élément Daniell.

L'expérience de Peltier, rapportée plus haut, et les phénomènes thermo-électriques mettent hors de doute le développement de l'électricité au contact de deux métaux. Un certain nombre de physiciens attribuent au simple contact des métaux la force électromotrice des piles hydro-électriques, l'action chimique, suivant eux, ayant seulement pour effet d'entretenir la différence du niveau potentiel ; pour nous, nous croyons, avec beaucoup d'autres, que la force électromotrice de contact ne joue qu'un rôle secondaire dans la production des courants électriques ordinaires.

Comme le fait remarquer M. Maxwell, la force électromotrice de contact doit être représentée par eC, e étant la chaleur absorbée à la jonction des métaux par le passage d'un courant d'intensité égale à l'unité, et C l'équivalent mécanique de la chaleur.

La force électromotrice trouvée par l'expérience, qui est en général beaucoup plus considérable que celle due au simple contact, tient sans doute à des causes accessoires, telles que l'action chimique entre les métaux et l'air plus ou moins humide environnant.

136. *Courants thermo-électriques.* — La force électromotrice due au contact de deux métaux différents varie avec la température de la surface de contact; telle est l'origine des courants dits thermo-électriques.

Si deux métaux forment un circuit, et si les soudures sont à des températures différentes, il se produit un courant dont la direction et l'intensité dépendent de la nature

des métaux, de la différence des températures et de la moyenne de ces températures.

La force électromotrice développée est sensiblement proportionnelle à la différence des températures des soudures, lorsque ces températures ne dépassent pas 100°. Au delà de cette limite, elle varie d'une façon assez irrégulière.

On nomme pouvoir *thermo-électrique* de deux métaux la grandeur de la force électromotrice développée, pour une différence de température d'un degré centigrade, des soudures.

Le pouvoir thermo-électrique de deux métaux est égal à la somme de leurs pouvoirs thermo-électriques par rapport à un troisième métal. Ce fait résulte de la proposition rappelée plus haut qu'il ne se manifeste pas de courant dans une chaîne dont toutes les soudures sont à une température uniforme.

Considérons, en effet, trois métaux A, B et C; s'ils forment un circuit fermé A.B.C, à une température uniforme t, il ne se produit aucun courant; la force électromotrice φ_t (C.A) due au contact C.A est donc égale et de signe contraire à la somme des forces électromotrices φ_t (A.B) et φ_t (B.C) des contacts A.B et B.C, donc

$$\varphi_t(\mathrm{C.A}) + \varphi_t(\mathrm{A.B}) + \varphi_t(\mathrm{B.C}) = 0$$

et la force électromotrice φ_t (A.C), produite par le contact A.C, étant égale et de signe contraire à celle que produit le contact C.A, ou à φ_t (C.A), on a

$$\varphi_t(\mathrm{A.C}) = \varphi_t(\mathrm{A.B}) + \varphi_t(\mathrm{B.C}).$$

pour une autre température θ, on a

$$\varphi_\theta(\mathrm{A.C}) = \varphi_\theta(\mathrm{A.B}) + \varphi_\theta(\mathrm{B.C}).$$

pérature entre les soudures une force électromotrice égale à $97 + 22,6 = 119,6$ microvolts, ou $\frac{119,6}{1.070.000}$ élément Daniell. Pour une différence de température des soudures de 100° la force électromotrice serait $\frac{11.960}{1.070.000}$ ou 0,0111 d'élément Daniell. Il faudrait $\frac{1}{0,0111}$ ou 90 couples thermo-électriques semblables pour produire la force électromotrice d'un élément Daniell ordinaire.

En prenant le bismuth cristallisé et le cuivre qui correspondent aux chiffres 45 et — 0,1 du tableau, on a pour la force électromotrice 45,1 microvolts ou $\frac{45,1}{1.000.000}$ de volt pour chaque différence des températures des soudures de 1°, et 0,00451 volts pour une différence de 100°. $\frac{1,07}{0,00451}$ ou 237 couples donneraient une force électromotrice égale à celle d'un élément Daniell.

MM. J. Regnault, Ed. Becquerel et Gaugain, dans leurs expériences sur la force électromotrice des piles, ont employé pour former une échelle à peu près continue de force électromotrice des éléments thermo-électriques bismuth-cuivre dont les soudures étaient maintenues à 0 et 100 degrés centigrades; les chiffres qu'ils donnent pour le nombre d'éléments thermo-électriques qui correspond à un élément Daniell sont un peu différents. La force électromotrice d'un élément Daniell serait, suivant M. Regnault, de 179 couples thermo-électriques, suivant M. Becquerel de 187 (*) et suivant M. Gaugain de 197 (**). Les

(*) *Cours de physique* de M. Jamin.
(**) *Annales télégraphiques*, numéro de novembre et décembre 1875.

différences entre ces nombres et le chiffre 237 donné plus haut s'expliquent facilement par l'influence de la qualité des métaux employés.

138. Les propriétés thermo-électriques des corps ont reçu diverses applications.

MM. Melloni et Nobili en ont tiré parti pour former des thermomètres d'une très-grande sensibilité, qui font connaître, par l'intensité du courant thermo-électrique, qu'on mesure au moyen d'un galvanomètre, la différence de température de deux soudures, dont l'une est exposée à une source calorifique, tandis que l'autre se trouve à la température ambiante. Leur pile comprend un grand nombre d'éléments réunis sous un petit volume; l'appareil doit être préalablement gradué par comparaison avec un thermomètre ordinaire. Dans le même ordre d'idées, MM. Becquerel, Pouillet, Peltier, etc., ont employé dans diverses recherches la pile thermo-électrique réduite à un seul élément en faisant varier sa forme suivant les conditions des expériences.

M. Gaugain, Ed. Becquerel et J. Regnault ont, au contraire, comme nous l'avons dit plus haut, utilisé les couples thermo-électriques pour avoir une échelle de force électromotrice presque continue.

Enfin on a songé à employer dans l'industrie les couples thermo-électriques et à les appliquer, par exemple, à la galvanoplastie et à la télégraphie. L'élément de M. Ed. Becquerel est formé de sulfure de cuivre et de maillechort dont une des soudures est maintenue à la température ordinaire tandis que l'autre est portée à 360° environ. La force électromotrice d'un élément est à peu près un huitième de celle d'un élément Daniell ordinaire. La pile de MM. Mure et Clamond se compose d'éléments en fer et galène (sulfure de plomb) réunis de

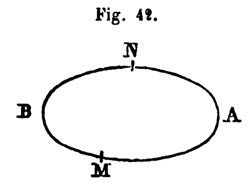
Pour l'élément	or-fer	140°
Id.	or-zinc	150
Id.	zinc-fer	198
Id.	argent-zinc	225
Id.	cuivre-fer	284

140. Les courants thermo-électriques, comme tous les courants, développent de la chaleur dans les circuits qu'ils traversent; ils peuvent produire des effets dynamiques ou chimiques et par conséquent un travail. Quelle est l'origine de ce travail? La découverte de Peltier donne la réponse à cette question.

Quand un courant traverse un conducteur formé de deux substances différentes, la température de la soudure s'abaisse lorsque le courant est dirigé dans le même sens que le courant électrique qu'on obtiendrait en chauffant cette soudure, et s'échauffe au contraire lorsque le courant a une direction contraire.

Considérons un circuit électrique bismuth-antimoine B. A (*fig.* 42); si l'on chauffe la soudure N, il se développe un courant allant du bismuth à l'antimoine à travers la soudure chaude; cette soudure tend à se refroidir et absorbe de la chaleur si l'on maintient la température constante, tandis que la soudure M s'échauffe et par suite dégage de la chaleur.

Fig. 42.



La quantité de chaleur qui est abandonnée par la soudure N est équivalente à la chaleur qui se développe à la soudure M, augmentée de la chaleur développée par le courant dans le circuit et du travail qu'il peut produire.

Toutefois cette explication n'est pas suffisante, car elle ne peut s'appliquer au cas où se produit le phénomène de renversement du sens du courant, signalé plus haut,

qui a lieu dans certains couples lorsqu'on élève progressivement la température d'une des soudures en laissant l'autre constante.

Considérons par exemple le couple cuivre-fer et supposons qu'on laisse une des soudures à la température du point neutre 284°. Si l'autre soudure est à une température inférieure, le courant va du cuivre au fer à travers la soudure chaude, et l'on comprend que la chaleur de cette soudure, qui tend à se refroidir, puisse produire l'échauffement du circuit et celui de l'autre soudure. Mais si l'on élève graduellement la température de cette dernière de façon qu'elle dépasse 284°, le courant conserve la même direction; la soudure dont la température, maintenue à 284°, n'a pas changé reste dans les mêmes conditions : elle devrait donc encore perdre de la chaleur qui se transmettrait aux parties plus échauffées du circuit, ce qui n'est pas possible. Il faut en conclure qu'à cette température de 284° le contact du fer et du cuivre ne donne lieu à aucune absorption et à aucun dégagement de chaleur, ou que les métaux sont, au point de vue thermo-électrique, *neutres* l'un par rapport à l'autre.

Si nous revenons au premier cas où l'une des soudures est à 284° et l'autre à une température inférieure, nous remarquerons qu'il se produit un courant électrique et par suite qu'une certaine quantité de chaleur est absorbée par la soudure froide et par l'échauffement du circuit. Quelle est l'origine de cette chaleur qui ne peut provenir de la soudure chaude? M. Thomson l'attribue à un phénomène nouveau auquel il a donné le nom de *transport électrique de la chaleur* et qu'on peut énoncer ainsi : Lorsqu'un courant traverse un conducteur dont les divers points sont à des températures inégales, en

même temps qu'il produit un dégagement de chaleur proportionnel au carré de son intensité, il détermine une absorption ou un dégagement de chaleur qui est simplement proportionnel à l'intensité.

M. Thomson a vérifié directement par l'expérience l'exactitude de cette hypothèse. En faisant passer un courant à travers un conducteur artificiellement chauffé en son milieu et refroidi à ses extrémités de façon que dans une des moitiés du conducteur le courant aille de la partie froide à la partie chaude, et de la partie chaude à la partie froide dans l'autre, il a reconnu que les deux moitiés du conducteur s'échauffent inégalement sous l'action du courant, et que la différence de température change de signe avec la direction du mouvement électrique. Dans le fer, le courant tend à produire de la chaleur quand il passe d'un point froid à un point plus chaud, et à produire du froid lorsqu'il marche dans une direction contraire ; pour le cuivre, le résultat est inverse et notablement plus faible.

PHÉNOMÈNES ÉLECTRO-CHIMIQUES.

141. *Action électrolytique des courants.* — Lorsqu'un courant électrique traverse un composé liquide, un des éléments ou groupes d'éléments se porte à l'électrode par laquelle entre le courant (électrode positive ou anode); les autres éléments se portent à l'autre électrode (électrode négative ou cathode). Ces éléments se combinent avec les métaux qui forment les électrodes ou deviennent libres suivant qu'ils ont ou n'ont pas d'affinité pour ces métaux.

D'après la théorie de Grotthus, la transmission s'opère par une série de décompositions et recompositions suc-

cessives des molécules élémentaires du composé, ce qui explique pourquoi entre les deux électrodes on n'aperçoit aucune trace de décomposition.

Une petite partie du courant traverse les liquides sans produire d'action chimique, mais la quantité d'électricité ainsi transmise est négligeable, surtout lorsque le courant a une certaine intensité.

L'explication de Grotthus n'est pas suffisante pour rendre compte du phénomène de la décomposition électrolytique, car, les atomes qui constituent une molécule étant unis par une force supérieure à l'attraction qui agit entre les atomes de deux molécules voisines, il ne devrait y avoir décomposition des molécules, et par suite transmission de l'électricité, que lorsque la force électrique atteint une certaine limite, et, lorsque cette limite est atteinte, un grand nombre de molécules devraient être simultanément décomposées ; ces deux faits sont contraires à l'expérience, car le plus faible courant, en traversant un électrolyte, suffit pour produire sa décomposition, et la quantité qui est décomposée est proportionnelle à l'intensité du courant (*).

Ces considérations ont conduit M. Clausius à une théorie différente, qui a pour base une hypothèse sur la constitution des corps, introduite dans la science par Lesage, Bernouilli, Kronig, etc. D'après cette hypothèse les molécules des corps ne sont pas en repos ; elles sont animées de mouvements rapides et leur force vive dépend à chaque instant de leur température. La nature du mouvement est différente suivant l'état des corps :

Pour les solides, les molécules sont animées seule-

(*) Il ne s'agit pas ici des forces qui agissent aux électrodes où se produit le phénomène de la polarisation, mais de la force qui agit à l'intérieur de l'électrolyte.

ment de mouvements vibratoires et ne peuvent abandonner leur position sans l'influence d'une action étrangère. A l'état liquide, les molécules n'ont pas une position d'équilibre déterminée ; elles peuvent tourner complétement autour de leur centre de gravité, et celui-ci peut sortir entièrement de sa position, mais l'effet de ce mouvement n'est pas assez fort pour vaincre l'attraction moléculaire et séparer entièrement les unes des autres les molécules qui sont maintenues par la pression extérieure dans les limites d'un certain volume. Enfin, à l'état gazeux, les molécules sont écartées les unes des autres et se trouvent en dehors des sphères d'attraction mutuelle ; elles se meuvent en ligne droite, d'après les lois ordinaires du mouvement, se choquent et se réfléchissent lorsqu'elles se rencontrent, et, en frappant les parois des vases qui les renferment, produisent une pression qui n'est autre que la force élastique et dépend du nombre des molécules contenues dans un espace donné, ou de la densité, et de la vitesse des mouvements, c'est-à-dire de la température.

Dans les corps composés, les molécules sont formées d'atomes, ou molécules élémentaires, dont les uns sont électro-négatifs et les autres électro-positifs. Pour les liquides, ces atomes ne sont pas réunis d'une façon invariable ; ils se meuvent en passant d'une molécule à une autre, chacun d'eux rendant libre dans ce passage un atome semblable qui décompose à son tour une autre molécule. Tous ces mouvements ont lieu irrégulièrement comme les mouvements de la chaleur qui les occasionnent.

Si un courant traverse un liquide composé, les molécules ne suivent plus entièrement des directions irrégulières et variables ; entre les mouvements des atomes,

tout irréguliers qu'ils sont encore, il y a une direction prédominante. Les molécules électro-positives se portent d'un côté et les molécules électro-négatives de l'autre.

Cette théorie explique d'une manière naturelle l'accroissement du pouvoir conducteur des liquides avec la température, puisque la rapidité plus grande des mouvements intérieurs doit contribuer à faciliter la décomposition des molécules. Elle explique également les mélanges des liquides et des gaz, et la réaction qui a lieu lorsque deux sels solubles mélangés peuvent donner lieu, par leur double décomposition, à un sel insoluble qui se précipite.

142. L'action électrolytique des courants est réglée par les lois de Faraday :

1° La quantité d'un électrolyte décomposée dans un intervalle de temps donné est proportionnelle à l'intensité du courant, ou, en d'autres termes, à la quantité d'électricité qui traverse le liquide.

2° Les poids des divers électrolytes décomposés par un même courant ou par des courants d'égale intensité sont proportionnels à leurs équivalents chimiques.

Pour l'eau et les oxydes métalliques, l'oxygène se porte à l'électrode positive, c'est l'élément électro-négatif; l'autre élément, hydrogène ou métal, dit électro-positif, se porte à l'autre électrode.

Les acides oxygénés, comme les acides sulfurique, phosphorique, etc., sont décomposés lorsqu'ils sont en dissolution très-concentrée ; l'oxygène se porte encore à l'électrode positive et le métalloïde à l'électrode négative.

Pour les composés binaires non oxygénés, tels que les acides chlorhydrique, bromhydrique, les chlorures,

iodures, bromures, sulfures, etc., l'hydrogène ou le métal se dépose à l'électrode négative, et le métalloïde, chlore, iode, brome, soufre, etc., à l'électrode positive. Les métalloïdes, chlore, brome, iode, soufre, etc., sont donc électro-positifs quand ils sont unis à l'oxygène, et électro-négatifs quand ils sont combinés avec des métaux.

Pour les sels neutres oxygénés et l'eau acidulée, qui se comporte comme un sel d'hydrogène, le métal se porte seul à l'électrode négative; l'oxygène et l'acide se dégagent à l'autre électrode. A un équivalent du métal réduit correspond un équivalent d'oxygène et un équivalent d'acide.

Quant aux composés qui ne sont pas représentés par des nombres égaux d'équivalents, tels par exemple que le perchlorure de fer, Fe^2Cl^3, la décomposition est réglée par le métalloïde (Cl), c'est-à-dire que si ce corps est traversé par le courant en même temps que de l'eau acidulée renfermée dans un autre appareil de décomposition (voltamètre), il se dégage, pour un équivalent d'hydrogène ou d'oxygène mis en liberté dans ce dernier, un équivalent du métalloïde, Cl, et la quantité correspondante de l'autre corps, Fe, comme si la formule était $Fe^{\frac{2}{3}}Cl$ (*).

La décomposition électrolytique est d'ailleurs souvent accompagnée d'actions secondaires dues à l'action chimiques des éléments qui se portent aux électrodes, soit que le métal qui se dépose à l'électrode négative étant très-oxydable décompose l'eau au sein de laquelle se passe le phénomène, soit que l'acide et l'oxygène qui se

(*) Cette loi, due à M. Éd. Becquerel, a été vérifiée pour un grand nombre de composés et paraît générale.

portent à l'électrode positive attaquent le métal qui forme cet électrode.

143. Lorsque le liquide traversé par le courant est un mélange de plusieurs dissolutions salines, tantôt un seul des sels est décomposé, tantôt ils le sont simultanément. L'action, dont les lois ne sont pas encore bien connues, dépend de la masse des électrolytes mélangés, de leur conductibilité et de l'affinité chimique des corps qui constituent les sels. Si par exemple un courant traverse un mélange d'azotate d'argent et d'azotate de cuivre dissous dans l'eau, l'argent seul est précipité tant que le mélange ne contient pas au moins soixante équivalents d'azotate de cuivre pour un d'azotate d'argent; lorsque cette limite est dépassée, les deux sels sont simultanément décomposés.

C'est ce qui explique comment un sel dissous dans l'eau peut être décomposé sans que l'eau soit réduite, ou encore comment l'eau, qui est à peine conductrice lorsqu'elle est pure, est facilement décomposée lorsqu'on y verse un acide tel que l'acide sulfurique : le sel SO^3HO est probablement seul décomposé par le courant, l'hydrogène (H) se dégage à l'électrode négative et l'oxygène (O) se porte en même temps que l'acide sulfurique (SO^3) à l'électrode positive où ce dernier corps se combine avec l'eau de la dissolution pour reformer le sel SO^3HO.

Enfin lorsque deux sels traversés par le courant, au lieu d'être mélangés, sont placés dans deux compartiments séparés par une cloison poreuse, ils sont simultanément décomposés. Si B et A sont les deux éléments électro-positifs et électro-négatifs de l'un des sels (AB), B' et A' les éléments de l'autre sel (A'B') et si l'électrode positive plonge dans le premier, l'élément acide A se dé-

pose sur cet électrode, tandis que le métal B' du second se porte à l'électrode négative. Il se forme au contact des deux liquides un nouveau sel A'B qui est à son tour décomposé, de sorte que le résultat final est le transport des éléments A et A' à l'électrode positive et des éléments B et B' à l'électrode négative, à moins que le sel A'B ne soit insoluble, auquel cas il se précipite.

144. *Mesure de l'intensité des courants par leur action électrolytique.* — La quantité d'un électrolyte qui est décomposée par un courant étant proportionnelle à la quantité d'électricité qui le traverse, on peut mesurer l'intensité des courants constants par le poids ou le volume des corps composés qu'ils réduisent dans un intervalle de temps déterminé.

On peut adopter, par exemple, pour unité d'intensité celle du courant qui, en traversant un voltamètre à eau acidulée, dégagerait en une minute à l'électrode négative 1 gramme d'hydrogène, qui correspond à 8 grammes d'oxygène dégagée à l'autre électrode, ou à 9 grammes d'eau décomposée. L'intensité d'un courant quelconque est alors donnée par le poids en grammes, P, d'hydrogène qu'il dégage, divisé par le nombre de minutes t, pendant lequel il a traversé le voltamètre, ou par $\frac{P}{t}$.

M. Jacobi, dans ses travaux sur l'électricité, a pris pour unité l'intensité de courant qui, en traversant de l'eau acidulée, dégage pendant une minute un centimètre cube du mélange oxygène hydrogène à la température de 0° et à la pression de 760 millimètres.

Pour un volume égal à V centimètres cubes, produit pendant un intervalle de temps égal à t minutes, à la température θ et à la pression H, l'intensité du courant

est

$$I = \frac{VH}{760(1+\alpha\theta)t},$$

α étant le coefficient de dilatation des gaz (environ $\frac{1}{273}$ ou 0,00366). Cette unité est environ 0,00006 de l'unité précédente (*).

En Allemagne, on emploie comme unité l'intensité du courant qui, en traversant un voltamètre à eau acidulée pendant vingt-quatre heures, dégagerait 1 gramme d'hydrogène; c'est le courant dit *atomique*. Pour les usages télégraphiques, cette unité étant trop grande, on en prend la millième partie qu'on nomme *milli-atome* (m. a.). Le courant nécessaire pour faire fonctionner un appareil Morse ordinaire à l'extrémité d'une longue ligne est d'environ 12 milli-atomes; on admet que l'intensité au départ doit être de 27 milli-atomes, en raison des pertes de courant sur les lignes. Pour faire marcher l'appareil Hughes, le courant à l'arrivée doit être égal à environ 10,6 milli-atomes (**).

L'intensité du courant atomique est égale à $\frac{1}{24 \times 60}$ ou $\frac{1}{1440}$ de celle du courant qui dégagerait 1 gramme d'hydrogène par minute et à 11,5 unités d'intensité de Jacobi.

On fait souvent usage pour la mesure de l'intensité des courants de voltamètres à sel métallique, dont les élec-

(*) 1 centimètre cube de mélange contient $0^{cc},66$ d'hydrogène et $0^{cc},33$ d'oxygène; le poids de $0^{cc},66$ d'hydrogène est de $0^{gr},00006$.

(**) L'intensité du courant nécessaire pour faire marcher un récepteur dépend naturellement du nombre de tours du fil de l'électro-aimant; les chiffres ci-dessus s'appliquent aux appareils ordinaires.

trodes sont des métaux de même nature que celui du sel et l'on choisit de préférence les sels d'argent ou de cuivre, dont les métaux sont sans action sur l'eau et ont un équivalent élevé (108 pour l'argent et 31,7 pour le cuivre), ce qui diminue les chances d'erreur. On déduit l'intensité du courant de l'accroissement de poids de l'électrode sur lequel se dépose le métal, ou de la diminution de poids de l'autre électrode, et du temps pendant lequel le courant a passé.

Un courant qui dans un intervalle de temps égal à t minutes dans un voltamètre à métal d'argent dépose à l'électrode négative un poids d'argent égal à P grammes, a la même intensité qu'un courant qui, dans le même temps, dégagerait $\frac{P}{108}$ grammes d'hydrogène dans un voltamètre à eau acidulée, ou qui dans l'unité de temps dégagerait $\frac{P}{108t}$ grammes d'hydrogène et $\frac{8P}{108t}$ grammes d'oxygène (*).

(*) Voici la liste, par rapport à l'hydrogène, des équivalents chimiques des corps dont on a le plus souvent à faire usage dans l'étude de l'électricité :

Hydrogène	1
Oxygène	8
Azote	14
Carbone	6
Chlore	35,5
Soufre	16
Argent	108
Chrome	26
Cuivre	31,7
Fer	28
Manganèse	27,6
Mercure	100
Or	98,5
Platine	99,5
Plomb	103,5
Potassium	39
Sodium	23
Zinc	32,7
Sulfate de cuivre $So^3CuO + 5HO$	124,7
Sulfate d'oxydule de mercure (So^3Hg^2O)	248
Acide sulfurique (So^3HO)	49
Chlorhydrate d'ammoniaque ($HCl.AzH^3$)	53,5

Lorsque le courant n'est pas constant, le poids ou le volume d'un électrolyte qu'il a décomposé donne la quantité totale d'électricité qui a passé, l'unité étant la quantité qui traverse un conducteur pendant l'unité de temps si l'intensité du courant est égale à l'unité.

145. Le rapport entre les unités électrostatiques et les unités électro-chimiques de quantité peut se déduire d'expériences faites par MM. Faraday, Becquerel et Buff; mais les nombres auxquels conduisent les résultats trouvés par ces trois physiciens sont un peu différents. Des expériences plus récentes de MM. Weber et Kolhrausch fixent ce rapport d'une manière plus précise.

Ainsi qu'on le verra, le rapport entre l'unité électromagnétique absolue d'intensité et l'unité électrostatique est représentée par le rapport d'une longueur à un intervalle de temps, ou par une vitesse; le chiffre qui représente ce rapport est, d'après les expériences de MM. Weber et Kolhrausch, environ 310.740.000 de mètres par seconde (*).

D'un autre côté, l'unité électro-magnétique absolue d'intensité, en adoptant pour unités fondamentales le mètre, la seconde et la masse du gramme, décompose en une seconde $0^{gr},0092$ d'eau.

Pour décomposer $0^{gr},0092$ d'eau, il faut donc un courant produit pendant une seconde par 310.740.000 unités électrostatiques d'intensité, ou, ce qui revient au même, il faut le passage de 310.740.000 unités électrostatiques de quantité. Pour décomposer un gramme d'eau, il faudra donc $\frac{310.740.000}{0,0092} = 33.776.000.000$ unités de quantité; pour décomposer un équivalent ou 9 grammes

(*) Ce rapport, sur lequel nous reviendrons, est précisément égal à la vitesse de la lumière.

d'eau, 303.984.000.000 unités; pour décomposer 1 milligramme d'eau, 33.776.000 unités.

Si une batterie électrique était électrisée par une puissante machine électrique au potentiel 30; dans les conditions indiquées au n° 98, pour que sa décharge pût décomposer 1 milligramme d'eau, elle devrait avoir une étendue de A mètres carrés telle que

$$\frac{A \times 30 \times 1{,}80}{4\pi \times 0{,}002} = 33.776.000, \quad \text{ou} \quad A = 15.700 \text{ mètres carrés.}$$

Pour décomposer 9 milligrammes ou un équivalent d'eau, l'étendue de la batterie devrait être de 141.300 mètres carrés. Les expériences de M. Faraday conduisent au chiffre 197.680^{mc}, celles de M. Becquerel au chiffre 180.570^{mc}, et celles de M. Buff au chiffre 113.700^{mc}. Les différences entre ces divers nombres s'expliquent par les conditions diverses dans lesquelles les expériences ont été faites et par le mode différent d'évaluation de la tension ou du potentiel.

Supposons une quantité d'électricité égale à celle qui produit la décomposition d'un milligramme d'eau en présence d'une quantité égale d'électricité contraire située à une distance égale à d mètres; ces deux quantités s'attireront avec une force égale à $\frac{(33.776.000)^2}{d^2}$ unités absolues de force ou environ $\frac{(33.776.000)^2}{d^2 \times 10}$ grammes, l'unité absolue de force étant environ $\frac{1}{10}$ du gramme (26), ou $\frac{(33.776.000)^2}{d^2 \times 10.000}$ kilogrammes. Si $d = 1.000$ mètres, cette force est égale à environ 114.000 kilogrammes.

Rappelons encore que M. Pouillet, dans ses expériences,

a rapporté les phénomènes électro-chimiques aux phénomènes thermo-électriques en prenant pour unité électrique la quantité d'électricité fournie en une minute par un couple thermo-électrique bismuth-cuivre dont les soudures sont maintenues à 0° et 100°, la résistance du circuit étant un fil de cuivre d'un millimètre de diamètre et de 20 mètres de longueur. La quantité nécessaire pour décomposer 1 gramme d'eau est égale à 13.787 de ces unités.

146. *Conductibilité des liquides.* — Lorsqu'un courant traverse un liquide, il éprouve une résistance qui est soumise sur mêmes lois que la résistance due aux corps solides, c'est-à-dire qu'elle est proportionnelle à la longueur du trajet parcouru par le fluide électrique en raison inverse de la section du liquide et d'un coefficient particulier à chacun d'eux, qui représente sa conductibilité, ou son pouvoir conducteur, ce qui n'a rien de contraire à la théorie de Clausius exposée plus haut.

La conductibilité des liquides, comparée à celle des métaux, est très-faible. Ainsi, celle de l'argent étant représentée par 1, celle d'une dissolution saturée de sulfate de cuivre à la température ordinaire est 0,000.005.4; celle d'une dissolution d'acide azotique à 36° est 0,000.093; celle d'une dissolution étendue d'acide sulfurique, environ 0,000.097; celle de l'eau pure 0,000.000.014.

La conductibilité des liquides augmente d'ailleurs à mesure que la température s'élève, ce qui s'explique facilement, les corps composés résistant d'autant moins à la décomposition que la température est plus élevée.

En se portant aux électrodes, les produits de la décomposition modifient les conditions du circuit et par suite sa résistance; cet effet se produit surtout lorsque les

produits sont des gaz sans action chimique sur les métaux qui forment ces électrodes, autour desquels ils s'accumulent peu à peu avant de se dégager sous forme de bulles.

La rapidité du dégagement en bulles est d'autant plus grande que l'intensité du courant, rapportée à l'unité de surface de l'électrode, est elle même plus grande; elle augmente avec la rugosité de cette surface, ce qui explique l'influence du platine platiné qui, en facilitant le dégagement du gaz, tend à diminuer la résistance, tandis qu'au contraire, ainsi que l'a fait observer M. d'Alméida, l'amalgamation des électrodes, en rendant leur surface plus unie, a pour effet de maintenir les bulles adhérentes et d'accroître la résistance.

Enfin la nature des électrodes a une influence notable sur le dégagement des gaz, certains corps, comme le charbon, la mousse de platine, d'or, de nickel, etc., ayant la propriété de condenser les gaz à une haute pression (*).

147. *Polarisation des électrodes.* — En outre de la résistance opposée au passage du courant par les conducteurs liquides et les éléments qui se portent aux électrodes, il se développe, par le fait même de la décomposition, une force électromotrice de direction opposée à celle qui produit le courant, qui est due à ce que la réduction des corps composés entraîne une consommation d'énergie ou de chaleur employée à vaincre l'affinité chimique. Le développement de cette force électromotrice constitue le phénomène connu sous le nom de *polarisation*, nom qui vient de ce qu'après l'interruption

(*) D'après M. Raoult, la mousse de nickel, par exemple, condense l'hydrogène de façon à en absorber environ 165 fois son volume.

du courant principal les électrodes conservent, par suite des dépôts qui y sont accumulés, une polarité qui leur donne la faculté de produire un courant de direction contraire, courant qui dure jusqu'à ce que ces matières soient épuisées.

Il est aisé de se rendre compte du développement de cette force électromotrice :

Soit E la force électromotrice qui, en agissant sur un circuit de résistance R, produit un courant d'intensité I; la quantité de force vive qui est fournie par la source électrique pendant un intervalle de temps T, et qui est entièrement absorbée sous forme de chaleur par le conducteur, lorsqu'il est entièrement métallique, est IET. S'il se produit un travail ou une absorption de chaleur, ainsi que cela a lieu pendant les décompositions électrolytiques, la quantité IET doit être équivalente à la chaleur absorbée par le conducteur augmentée de la chaleur qui correspond au travail exécuté par le courant.

Le travail qui correspond à la chaleur absorbée par le conducteur est I^2RT (exprimée en calories, la chaleur absorbée est $\frac{I^2RT}{4.168.800}$, (n° 126), ou $\frac{I^2RT}{4.168,8}$ si l'on rapporte la calorie au gramme d'eau).

Quant à l'action chimique, elle est, d'après la loi de Faraday, proportionnelle à l'intensité du courant et au temps pendant lequel il traverse le liquide, et donne lieu à une absorption de chaleur dont l'équivalent en travail peut être représenté par HIT, H étant l'équivalent en travail de la chaleur absorbée par la décomposition de la quantité qui est décomposée dans l'unité de temps par un courant d'intensité égale à l'unité.

On a donc

$$IET = I^2RT + HIT,$$

ou

$$I = \frac{E - H}{R}.$$

La force électromotrice E est donc diminuée d'une quantité égale à H, ou, en d'autres termes, il se manifeste dans le circuit une force électromotrice contraire égale à H.

Le poids des divers corps qui sont réduits dans un temps donné par des courants d'égale intensité étant proportionnels à leurs équivalents chimiques, on peut déduire la force électromotrice de polarisation, H, d'un composé de la chaleur qu'il faut fournir pour décomposer un équivalent de ce composé, ou, ce qui revient au même, de la chaleur développée par la combinaison des équivalents des corps simples dont il est formé.

On a vu (n° 145) que pour décomposer un équivalent d'une substance quelconque (9 grammes d'eau par exemple), il faut le passage d'une quantité d'électricité qui, exprimée en unités électrostatiques, est égale à 303.984.000.000 unités. Un courant égal à l'unité d'intensité décompose donc dans une seconde $\frac{1}{303.984.000.000}$ d'équivalent.

Si ch_α représente la chaleur en calories (rapportée au gramme d'eau) dégagée par la formation d'un équivalent d'un corps composé (*), la décomposition d'un équivalent de ce composé produira une absorption égale de chaleur, correspondant à $ch_\alpha \times 4\,168,80$ unités absolues de travail, et la décomposition de $\frac{1}{303.984.000.000}$

(*) Nous supposons les équivalents exprimés en grammes, celui de l'hydrogène étant 1 gramme, et nous prenons pour calorie la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré centigrade 1 gramme d'eau, soit $\frac{1}{1000}$ de l'unité adoptée pour la calorie dans l'industrie et les applications mécaniques.

d'équivalent entraînera une absorption de travail égale à

$$\frac{Ch_\alpha \times 4.168,8}{303.984.000.000}$$

ou à

$$\frac{Ch_\alpha}{72.920.000},$$

et donnera lieu à une force électromotrice de polarisation représentée en unités électrostatiques absolues par ce même nombre.

Ainsi, par exemple, un équivalent de zinc (32,7 grammes) en s'unissant à l'oxygène pour former de l'oxyde de zinc, dégage une quantité de chaleur égale à 42.570, calories, et cet oxyde en s'unissant avec l'acide sulfurique hydraté dégage 12.304 calories, ce qui donne pour la chaleur totale développée 42.570 + 12.304 = 54.874 calories. Si donc un courant décompose, en la traversant, une dissolution de sulfate de zinc, il devra abandonner une quantité de chaleur égale à 54.874 calories par équivalent décomposé et il en résultera une force éloctromotrice de polarisation représentée en unités électrostatiques absolues par

$$\frac{54.874}{72.920.000} = 0,00075.$$

Un équivalent de cuivre ($31^{gr},7$), en s'unissant à l'oxygène, développe 21.651 calories et la combinaison de cet oxyde avec l'acide sulfurique en produit 7.721; la formation d'un équivalent de sulfate de cuivre dégage donc 29,372 calories, et par suite la force électromotrice de polarisation produite par la réduction du sulfate de cuivre est

$$\frac{29.372}{72.920.000} = 0,00040.$$

148. Un équivalent d'hydrogène (1 gramme), en se

combinant avec l'oxygène pour former de l'eau, dégage une quantité de chaleur égale à 34.462 calories; la force électromotrice de polarisation de l'eau devrait donc être en unités electrostatiques

$$\frac{34.462}{72.920.000}.$$

MM. Buff, Wheatstone, Bosscha ont mesuré directement cette force électromotrice de polarisation en la comparant à celle d'un élément Daniell et ont été conduits à des chiffres notablement différents. Ils ont, en effet, trouvé pour la chaleur absorbée dans un voltamètre par la décomposition d'un équivalent d'eau des chiffres variant de 54.623 à 59.175 calories, très-supérieurs au chiffre de 34.462 calories que donne la combinaison directe de l'hydrogène et de l'oxygène (*).

Cette différence tient à ce que, dans la décomposition de l'eau par le courant, les deux gaz, oxygène et hydrogène, qui se portent aux électrodes ne sont pas à l'état neutre ou normal; l'hydrogène est à l'état naissant ou actif, l'oxygène est à l'état d'ozone, et sous cette forme les deux gaz jouissent de propriétés chimiques plus énergiques qu'à l'état neutre. Pour revenir à ce dernier état, les deux gaz abandonnent une certaine quantité de chaleur qui doit être égale à la différence entre les nombres trouvés par MM. Buff, Wheatstone et Bosscha et ceux que donne la combinaison directe des deux gaz.

Les gaz qui se portent aux électrodes reprennent peu à peu leur état normal, tantôt pendant qu'ils traversent les liquides en s'échappant sous forme de bulles, ce qui produit un dégagement local de chaleur; tantôt à la sur-

(*) Voir la théorie mécanique de la chaleur de Verdet.

face même des électrodes contre lesquelles ils sont condensés, ce qui tend à diminuer la force électromotrice de polarisation et par suite à augmenter l'intensité du courant. Ce second effet se produit d'autant plus que les gaz séjournent plus longtemps contre les électrodes, ce qui a lieu lorsque le courant est peu intense ou que les électrodes ont de grandes dimensions.

Certains corps, tels que le charbon, ont en outre la propriété d'activer la transformation de l'ozone en oxygène ordinaire et par suite leur emploi comme électrode, de même que celui de grandes surfaces, diminue la polarisation dont la limite inférieure est la force électromotrice qui correspond à la chaleur dégagée par la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène ordinaire.

Un effet du même genre se produit sans doute dans toutes les décompositions électrolytiques qui donnent lieu à un dégagement gazeux.

149. — Il se produit pendant l'électrolysation d'autres actions secondaires qui peuvent modifier la polarisation.

Ainsi les gaz qui se portent aux électrodes, s'y accumulent et s'y condensent ; cette condensation donne lieu à une absorption de chaleur qui se transforme en une force électromotrice et tend à diminuer la polarisation. C'est ce qui a lieu pour des électrodes en charbon, en mousse de platine, d'or, etc.

De plus, quels que soient les métaux qui forment les électrodes, il se produit presque toujours au début de l'électrolysation une légère action chimique entre ces métaux et l'oxygène qui s'y porte, ou tout au moins une forte adhérence qui donne lieu à un travail et tend à diminuer la polarisation ; cette action diminue peu à peu à mesure que le courant persiste. C'est à cet effet et au dé-

gagement des bulles de gaz contre les électrodes qu'est due la décroissance rapide de l'intensité du courant qui traverse l'eau acidulée.

Il y a aussi à tenir compte de la pression extérieure à laquelle est soumis un électrolyte, qui entraîne une absorption ou un développement de travail suivant que les produits de la décomposition ont plus ou moins de volume que les électrodes et doit donner lieu à une force électromotrice opposée à celle qui détermine la décomposition ou de même sens. Quand les produits de la décomposition sont des gaz tels que l'oxygène ou l'hydrogène, auxquels la loi de Mariotte est applicable, le produit VP du volume par la pression est sensiblement constant; le travail absorbé par le dégagement d'une quantité donnée de gaz est donc constant, ainsi que la force électromotrice due à ce travail. C'est ce qui explique pourquoi il est à peu près impossible d'arrêter la décomposition électrolytique de l'eau en réduisant le volume destiné à recevoir les produits de la décomposition.

Enfin il est un autre genre de travail mécanique que peut produire le courant et qui doit donner lieu à une diminution ou à un accroissement de la force électromotrice principale : c'est le transport électrolytique d'un métal dans le sens vertical. Si un courant traverse un sel métallique, et si le sel est renfermé dans un tube vertical, il y a transport du métal de l'électrode inférieure à l'électrode supérieure ou réciproquement suivant le sens du courant. Le travail exécuté pour vaincre la pesanteur doit diminuer la force électromotrice dans le premier cas, et l'effet contraire doit l'augmenter dans le second : ce travail correspond donc à une force électromotrice qui diminue ou augmente l'intensité du courant. C'est en effet ce que M. Colley a constaté par

l'expérience (*). Cette force électromotrice, qu'on peut calculer d'après les poids des équivalents des métaux, est extrêmement faible. Suivant M. Maxwell, elle serait seulement, pour une dissolution de sulfate de zinc, de 1 millionième de la force électromotrice d'un élément Daniell par pied anglais (par tiers de mètre).

150. Lorsque le courant qui produit la décomposition électrolytique cesse d'agir, les éléments qui se sont portés aux électrodes ne se recombinent que lentement; mais si, la source électrique étant enlevée, on forme un circuit qui comprenne l'électrolyte, il se produit un courant dit secondaire ou de polarisation qui dure jusqu'à ce que les dépôts accumulés aux électrodes aient disparu. On comprend d'ailleurs que ces dépôts puissent agir différemment sur la production de ce courant. Dans la décomposition de l'eau, par exemple, la polarisation est surtout due à l'hydrogène qui entoure l'électrode négative et ne change pas sensiblement si l'on remplace la lame positive qui a reçu l'oxygène par une autre lame, ce qui s'explique facilement puisque l'eau contient de l'oxygène en dissolution, qui se renouvelle au contact de l'air.

En interposant dans le circuit d'une pile ordinaire des appareils de décomposition, on peut obtenir des effets remarquables que Ritter a le premier signalés; ainsi quelques couples à grande surface et à lame de platine étant électrolysés par une faible pile ordinaire peuvent, après l'enlèvement de cette dernière, produire un courant capable de fondre des fils métalliques et des effets comparables à ceux qu'on obtient avec les bouteilles de Leyde.

(*) *Journal de physique*, août 1876, juin 1877.

Ces couples de polarisation peuvent d'ailleurs être disposés de façon à pouvoir être réunis en surface pendant l'action de la pile ordinaire, et en série lorsque cette dernière a été enlevée, ce qui permet d'obtenir des effets de tension.

M. Planté a notablement augmenté l'effet des piles de polarisation en remplaçant les électrodes en platine par des électrodes en plomb. Il se forme à l'électrode positive du peroxyde de plomb qui a une grande affinité pour l'hydrogène et se décompose rapidement en produisant un courant de polarisation lorsque le courant principal a cessé de passer et que le circuit secondaire est fermé.

M. Jacobi a essayé d'appliquer les courants de polarisation en télégraphie pour produire automatiquement la décharge des longues lignes par l'envoi spontané d'un courant secondaire de sens opposé au courant principal et produit par le passage de ce dernier dans un appareil de polarisation ; ce procédé n'a pas donné de résultats assez satisfaisants pour être adopté.

151. Supposons maintenant que l'une des électrodes soit attaquable par les produits de la décomposition électrolytique. Deux cas peuvent arriver : 1° Le métal qui forme l'électrode est attaquable par les éléments qui s'y portent sous l'action du courant, et la combinaison donne lieu à un développement de force vive. 2° L'électrode, au contraire, a de l'affinité pour les éléments qui s'en éloignent. Le premier cas se présente par exemple si l'électrode étant un métal attaquable, tel que le zinc ou le fer, et le liquide décomposé de l'eau acidulée ou un sel métallique, l'oxygène et l'acide se portent à l'électrode ; le second cas arrive si le courant a une direction contraire.

Dans le premier de ces deux cas, il se forme une com-

binaison chimique, mais la chaleur qu'elle produit, au lieu de se manifester localement, se développe dans le circuit et résulte d'une augmentation de l'intensité du courant; l'action chimique donne donc lieu à une force électromotrice qui s'ajoute à la force électromotrice principale et qu'il est facile d'évaluer.

Le travail ou la force vive qui correspond à la chaleur absorbée par le circuit, I^2RT, est équivalent au travail dû à la force électromotrice, E, qui agit sur le circuit, diminué du travail correspondant à la décomposition électrolytique, mais augmenté du travail équivalent à la chaleur due à l'action chimique qui s'effectue à l'électrode.

Le travail dû à la force électromotrice E pendant le temps T est IET, I étant l'intensité du courant; celui qui est absorbé par la décomposition de l'électrolyte dans le même intervalle de temps est HIT (n° 147); enfin si G représente l'équivalent en travail de la chaleur dégagée par la combinaison de l'électrode avec les éléments qui s'y portent dans l'unité de temps, pour un courant d'intensité égale à l'unité, le travail correspondant à l'intensité I pendant le temps T sera GIT; on a donc

$$I^2RT = EIT - HIT + GIT,$$

ou

$$I = \frac{E - H + G}{R}.$$

Passons au second cas, où le courant a une direction telle que le métal qui forme l'électrode a de l'affinité pour les éléments qui s'en éloignent, ce qui a lieu par exemple dans la décomposition de l'eau acidulée si l'électrode négative est en zinc, puisque l'hydrogène s'y dégage tandis que l'oxygène se porte à l'autre électrode, que

Ces couples de polarisation peuvent d'ailleurs être disposés de façon à pouvoir être réunis en surface pendant l'action de la pile ordinaire, et en série lorsque cette dernière a été enlevée, ce qui permet d'obtenir des effets de tension.

M. Planté a notablement augmenté l'effet des piles de polarisation en remplaçant les électrodes en platine par des électrodes en plomb. Il se forme à l'électrode positive du peroxyde de plomb qui a une grande affinité pour l'hydrogène et se décompose rapidement en produisant un courant de polarisation lorsque le courant principal a cessé de passer et que le circuit secondaire est fermé.

M. Jacobi a essayé d'appliquer les courants de polarisation en télégraphie pour produire automatiquement la décharge des longues lignes par l'envoi spontané d'un courant secondaire de sens opposé au courant principal et produit par le passage de ce dernier dans un appareil de polarisation ; ce procédé n'a pas donné de résultats assez satisfaisants pour être adopté.

151. Supposons maintenant que l'une des électrodes soit attaquable par les produits de la décomposition électrolytique. Deux cas peuvent arriver : 1° Le métal qui forme l'électrode est attaquable par les éléments qui s'y portent sous l'action du courant, et la combinaison donne lieu à un développement de force vive. 2° L'électrode, au contraire, a de l'affinité pour les éléments qui s'en éloignent. Le premier cas se présente par exemple si l'électrode étant un métal attaquable, tel que le zinc ou le fer, et le liquide décomposé de l'eau acidulée ou un sel métallique, l'oxygène et l'acide se portent à l'électrode ; le second cas arrive si le courant a une direction contraire.

Dans le premier de ces deux cas, il se forme une com-

binaison chimique, mais la chaleur qu'elle produit, au lieu de se manifester localement, se développe dans le circuit et résulte d'une augmentation de l'intensité du courant; l'action chimique donne donc lieu à une force électromotrice qui s'ajoute à la force électromotrice principale et qu'il est facile d'évaluer.

Le travail ou la force vive qui correspond à la chaleur absorbée par le circuit, I^2RT, est équivalent au travail dû à la force électromotrice, E, qui agit sur le circuit, diminué du travail correspondant à la décomposition électrolytique, mais augmenté du travail équivalent à la chaleur due à l'action chimique qui s'effectue à l'électrode.

Le travail dû à la force électromotrice E pendant le temps T est IET, I étant l'intensité du courant; celui qui est absorbé par la décomposition de l'électrolyte dans le même intervalle de temps est HIT (n° 147); enfin si G représente l'équivalent en travail de la chaleur dégagée par la combinaison de l'électrode avec les éléments qui s'y portent dans l'unité de temps, pour un courant d'intensité égale à l'unité, le travail correspondant à l'intensité I pendant le temps T sera GIT; on a donc

$$I^2RT = EIT - HIT + GIT,$$

ou

$$I = \frac{E - H + G}{R}.$$

Passons au second cas, où le courant a une direction telle que le métal qui forme l'électrode a de l'affinité pour les éléments qui s'en éloignent, ce qui a lieu par exemple dans la décomposition de l'eau acidulée si l'électrode négative est en zinc, puisque l'hydrogène s'y dégage tandis que l'oxygène se porte à l'autre électrode, que

tact de l'eau et du cuivre ou de l'argent; par exemple. Cette différence de potentiel est très-faible, elle peut correspondre soit à une absorption de chaleur comme dans le cas des deux métaux, soit, plus probablement, à l'action chimique qui tend à s'exercer entre le métal et l'un des éléments du liquide, alors même qu'aucune combinaison ne se forme.

153. — Lorsqu'un métal ayant une grande affinité pour l'oxygène, comme le potassium, le sodium, est mis en contact avec l'eau, il la décompose instantanément en développant de la chaleur sans qu'il y ait apparence de production d'un courant électrique; mais si le métal a une affinité moins grande, comme le zinc, le fer, etc., la combinaison n'a lieu qu'à la condition de produire un courant électrique, et la chaleur qu'elle produit se développe dans le circuit.

Ce circuit peut d'ailleurs être complétement local, ce qui arrive si, le métal n'étant pas homogène, il se trouve à sa surface des particules étrangères qui ont des affinités moindres pour l'oxygène. C'est ce qui a lieu, par exemple, lorsque le zinc ordinaire plonge dans une dissolution d'acide sulfurique; la décomposition de l'eau acidulée s'opère spontanément, et les bulles d'hydrogène se dégagent aux points de la surface du zinc où se trouvent quelques parcelles de matière étrangère.

Lorsque la surface est polie, les bulles d'hydrogène sont adhérentes, elles interceptent la communication, arrêtent les courants locaux et empêchent le zinc de se consommer en pure perte dans l'élément lui-même. On réalise cet effet en amalgamant le zinc par une immersion dans le mercure.

Si le liquide en contact avec le zinc, au lieu d'être de l'eau acidulée, est un sel métallique tel que le sulfate

de cuivre, ce dernier métal se dépose aux points du zinc où l'action chimique est moindre, et il se forme des couples locaux qui entraînent la réduction rapide du sel : aussi dans les piles où l'on fait usage d'un sel métallique soluble l'amalgamation est-elle inutile, mais on empêche le sel d'arriver au contact du zinc par l'interposition d'une cloison poreuse.

154. *Force électromotrice des piles.* — La chaleur qui se développe dans un circuit pendant un intervalle de temps T, est l'équivalent de la quantité de travail I^2RT ou IET, E étant la force électromotrice absolue de la pile, I l'intensité de courant et R la résistance du circuit.

Cette chaleur correspond à une perte égale de la chaleur due à l'action chimique de la pile, et est rigoureusement égale à toute la chaleur que produit la combinaison, s'il ne se produit pas d'échauffement aux points où a lieu l'action chimique. C'est ce qui a lieu dans les piles usuelles où le corps attaquable est du zinc, du fer, du cadmium ou un autre métal de cette catégorie.

On peut dans ce cas déduire la force électromotrice de la chaleur due à la combinaison, lorsqu'elle est connue par des expériences calorimétriques, ou réciproquement.

Soit A la chaleur qui serait développée par la combinaison d'un équivalent (en grammes) des substances qui composent la pile ; l'équivalent en travail de cette chaleur est

$$A \times 4168,8.$$

Pour un courant ayant l'unité électrostatique absolue d'intensité, la fraction d'équivalent qui se combine dans la pile pendant l'unité de temps est $\frac{1}{303.984.000.000}$

et elle développe une chaleur dont l'équivalent en travail est

$$\frac{A \times 4168,8}{303.984.000.000}$$

ou

$$\frac{A}{72.920.000}.$$

Cette quantité représente la force électromotrice exprimée en unités électrostatiques absolues.

Pile zinc, acide sulfurique et cuivre. — Dans cette pile, le zinc décompose l'eau et s'unit à l'oxygène; quant à l'hydrogène, il se dégage sur la lame de cuivre. La force électromotrice correspond donc à la chaleur dégagée par la formation du sulfate de zinc, diminuée de celle qui est absorbée par la décomposition de l'eau.

La chaleur dégagée par la formation d'un équivalent de sulfate de zinc est égale à 54.874 calories; celle qui est absorbée par la décomposition de l'eau est 34.462; la force électromotrice est donc, en unités électrostatiques absolues :

$$\frac{54.874 - 34.462}{72.920.000} = \frac{20.412}{72.920.000} = 0,00028.$$

Quant à la résistance de l'élément, elle dépend de ses dimensions; elle augmente rapidement à mesure que le courant se produit par suite des bulles qui se dégagent sur la plaque de cuivre, et y adhèrent d'autant plus que l'intensité rapportée à l'unité de surface est plus grande, et par conséquent d'autant plus que la plaque est plus petite.

L'amalgamation de la lame de zinc, outre qu'elle rend l'action plus régulière en empêchant les courants locaux de se produire, augmente un peu la force électromotrice.

Ce fait tient, ainsi que l'a fait observer M. Jules Regnault, à ce que l'amalgamation du zinc produit une absorption de chaleur et que la réduction de l'amalgame doit développer de la chaleur qui se manifeste dans le circuit par un accroissement d'intensité de courant (*).

Pile Daniell. — Dans la pile Daniell, le zinc se substitue au cuivre dans le sulfate de cuivre; la force électromotrice est donc due à la chaleur produite par la formation du sulfate de zinc diminuée de celle qui est due à la réduction du sulfate de cuivre. La première action donne, pour un équivalent de sulfate de zinc formé une quantité de chaleur égale à 54.874 calories. La seconde absorbe une quantité de chaleur égale à celle que produit la transformation d'un équivalent de cuivre en sulfate de cuivre, soit 29.372 calories, la chaleur développée dans l'élément est donc pour un équivalent de zinc :

$$54.874 - 29\,372 = 25.502 \text{ calories}$$

et la force électromotrice de l'élément est :

$$\frac{25.502}{72.920.000} = 0{,}00035 \text{ (**)}.$$

Pile de Grove et de Bunsen. — Dans cette pile il se produit plusieurs actions : transformation du zinc en sulfate de zinc qui, par équivalent consommé, produit une quantité de chaleur égale à 54.874 ca-

(*) L'amalgamation de certains métaux, du cadmium, par exemple, produit au contraire un dégagement de chaleur et par suite diminue la force électromotrice des couples dont ces métaux forment l'élément électro-négatif.

(**) Au n° 93 nous avons indiqué, d'après M. Thomson, 0,000374 comme représentant en unités électrostatiques absolues la force électromotrice d'un élément Daniell, chiffre trouvé par des expériences électrostatiques directes.

lories, décomposition de l'eau au contact du zinc et sa reconstitution aux dépens de l'oxygène de l'acide azotique, qui produisent des effets égaux et contraires dont il est inutile de tenir compte, enfin réduction de l'acide azotique, AzO^5, qui abandonne une partie de son oxygène et se transforme partie en bioxyde d'azote AzO^2 et partie en acide azoteux AzO^3. La quantité de chaleur absorbée par la première de ces transformations est de 6.885 calories par équivalent, et la chaleur absorbée par la seconde est de 13.634 calories.

La chaleur totale dégagée par la réduction d'un équivalent de zinc dans les piles Grove et Bunsen est donc comprise entre les nombres

$$54.874 - 6.885 = 47.989 \text{ calories}$$

et

$$54.874 - 13.634 = 41.240 \text{ calories.}$$

La force électromotrice de ces piles est donc comprise entre

$$\frac{47.989}{72.920.000} \text{ et } \frac{41.240}{72.920.000},$$

ou entre 0,00063 et 0,00054,

En fait on trouve un nombre intermédiaire entre les deux et qui correspond à une chaleur développée égale à environ 45.350 pour l'élément Grove à 44.300 pour l'élément Bunsen.

Nous n'insisterons pas davantage ici sur les forces électromotrices des diverses piles; nous nous bornerons à rappeler l'explication donnée par M. Favre du fait qu'un élément à acide sulfurique et un élément Daniell ne peuvent produire la décomposition de l'eau, tandis que cette décomposition peut être obtenue à l'aide d'un élément Bunsen. Cet effet tient à ce que la décomposition

d'un équivalent d'eau entraîne l'absorption d'une quantité de chaleur égale à 34.462 unités de chaleur, alors que la chaleur dégagée par la dissolution d'un équivalent de zinc est seulement de 18.796 pour la pile acide sulfurique et 23.653 pour la pile Daniell. Pour les piles de Grove et de Bunsen la chaleur fournie par la pile varie, par équivalent, de 47.989 à 41.240; une partie de cette chaleur peut donc décomposer l'eau, alors que l'autre partie produit l'échauffement du conducteur.

E. E. Blavier.

NOUVELLES RECHERCHES

SUR L'EMPLOI

DU RHÉOTOME A BASE D'ALUMINIUM.

J'ai appelé, à diverses reprises (*), l'attention sur la remarquable propriété que l'aluminium acquiert sous l'action du courant électrique.

Les essais que je poursuis depuis plus de deux ans m'ont mis sur la voie de particularités nouvelles qu'il me paraît intéressant de relater.

La couche interruptrice, infinitésimale, qui se forme sur l'aluminium lorsqu'il est électrode positive, ne se maintient pas intacte douze heures après que le courant a cessé d'agir ; elle tombe ou diminue d'épaisseur en quelques points, surtout lorsqu'elle reste immergée dans le liquide. A sec, elle se maintient avec plus de persistance. Pour qu'elle apparaisse, il ne suffit pas que l'eau distillée du rhéotome soit rendue conductrice par des substances riches en oxygène, il faut encore qu'elles abandonnent facilement ce gaz et que les éléments de leur décomposition par le courant voltaïque n'aient pas d'affinité pour l'aluminium.

Ainsi, avec l'acide azotique et l'azotate de potasse, on n'obtient pas d'interruption. Cependant l'acide azotique étendu ou non n'attaque pas visiblement l'aluminium ;

(*) Voir *Annales*, t. III, p. 250 et 600.

mais il est probable qu'au fur et à mesure que ce métal s'oxyde, il se combine avec l'acide pour donner lieu à un produit conducteur.

Je n'ai trouvé jusqu'ici que deux sels, — le bichromate de potasse et le bicarbonate de soude, — qui rendent l'aluminium interrupteur dans des conditions vraiment pratiques.

I. Le bichromate de potasse, que j'ai presque toujours employé dans mes précédentes expériences, donne en général de bons résultats ; que la dissolution soit faible ou concentrée, la couche d'oxyde se manifeste dès le début, au bout de trois ou quatre minutes, mais elle n'est pas très-résistante ; l'oblitération est toujours incomplète, et sous l'action du faible courant qui continue à circuler, cette couche d'alumine s'épaissit et se détache sous forme gélatineuse. De là deux inconvénients : l'aluminium est détruit peu à peu, et sa propriété interruptrice n'est plus aussi bien caractérisée.

Voici quelques chiffres à l'appui. J'ai mesuré la résistance d'un rhéotome dont le liquide était une dissolution concentrée de bichromate. Après deux minutes d'essai, elle s'élevait à 50.000 unités Siemens ; cinq minutes plus tard, elle était tombée à 40.000 unités ; au bout d'une heure, elle n'était plus que de 10.000 unités, et l'alumine commençait à se précipiter. Il en a été de même avec une dissolution étendue du même sel.

II. Le bicarbonate de soude m'a donné de bien meilleurs résultats.

Si l'on confectionne un rhéotome avec une dissolution de ce sel, saturée ou non, et une lame neuve d'aluminium et qu'on l'interpose dans le circuit d'une pile de 20 éléments Leclanché, avec une bobine de 100 k., aucun phénomène particulier ne se manifeste pendant

quelques secondes, mais la résistance du voltamètre s'accentue rapidement et avec énergie; mesurée d'après les procédés ordinaires, elle était de 30.000 unités, deux minutes après la fermeture du circuit. Après le double de temps, elle s'élevait à 50.000 unités. Elle atteignait son maximum (plus de 200.000 unités) au bout de trois heures.

L'oblitération est ainsi à peu près complète, et aucun précipité d'alumine ne se forme, quelle que soit la durée de l'expérience. Cependant la couche interruptrice conserve toujours la même sensibilité, c'est-à-dire qu'elle disparaît et se reforme, suivant le sens du courant, quelle que soit la rapidité des inversions.

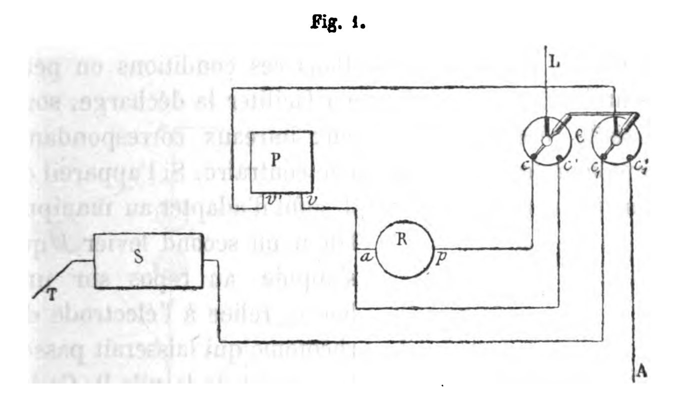
Lorsqu'on fait passer dans le rhéotome un courant continu, en reliant l'aluminium au pôle négatif de la pile, il se dépose sur ce métal, à la surface du liquide, une couche de soude qui devient visible au bout d'une heure, et qui a sur la lame une action corrosive; elle n'a aucune adhérence et il est facile de l'enlever avec le doigt. Toutefois, dans la pratique, il est extrêmement peu probable que ce dépôt puisse se former, et je n'en ai pas vu d'exemple. Les inversions fréquentes de courant et la faible durée de chaque émission sont un obstacle à sa production. On peut d'ailleurs, par mesure de précaution, essuyer légèrement la tige d'aluminium, à des époques assez éloignées, tous les mois par exemple.

L'efficacité du rhéotome et sa conservation dépendent essentiellement de la qualité de son aluminium. Celui que l'on trouve dans le commerce est loin d'être d'une pureté parfaite; il est même presque impossible, au moyen de procédés industriels, de le débarrasser complétement du fer et de la silice. Leur présence se manifeste parce qu'elle diminue la propriété interruptrice du mé-

tal; mais ces corps étrangers sont en très-faible quantité lorsque la fabrication est soignée, et seulement par places, de sorte que, dans la pratique, ils n'offrent pas de sérieux inconvénients.

III. J'ai déjà indiqué ici même (*) quels services le rhéotome pourrait rendre en télégraphie. Je crois utile d'y revenir, et d'entrer dans le détail de l'application que j'en ai faite pour atténuer les effets des interruptions produites par les paratonnerres à bobine dans les postes installés en dérivation.

Fig. 1.



Les manettes d'un double commutateur C sont rendues solidaires au moyen d'une tige isolante, et de telle sorte qu'elles viennent s'appuyer en même temps sur les boutons cc', c_1c_1'. Le bouton c est relié à une des bornes du rhéotome R (au platine si c'est avec le courant positif que le poste doit être rappelé), le bouton c' à l'autre borne, c_1 à la sonnerie, et c'_1 au récepteur. Les manettes des commutateurs sont en communication permanente, l'une avec la ligne, l'autre avec la borne v' du paraton-

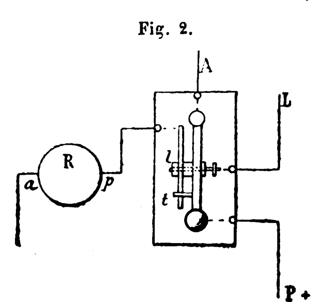
(*) *Annales télégraphiques* (mai-juin 1876).

nerre relié d'autre part avec le rhéotome. Il est aisé de voir que quand elles sont dans la position qu'indique la *fig.* 1, le courant venant de la ligne va à la terre par le rhéotome, le paratonnerre et la sonnerie, et que si on les amène aux contacts $c'c'_1$ il arrivera au récepteur après avoir traversé l'appareil préservateur seul.

Lorsque la bobine du paratonnerre est brûlée, le service des deux autres postes n'en souffre pas, puisque la perte à la terre, qui en est la conséquence, existe en deçà du rhéotome.

J'ai construit des interrupteurs dont la résistance varie entre 50 et 100 unités lorsque le fluide les traverse du platine à l'aluminium. Dans ces conditions on peut les utiliser avec avantage pour faciliter la décharge, sous la seule réserve que les deux bureaux correspondants emploient des courants de nom contraire. Si l'appareil de transmission est le Morse, il suffit d'adapter au manipulateur un second levier *l* qui s'appuie au repos sur une borne, reliée à l'électrode du rhéotome qui laisserait passer le courant de la pile P. Ce levier est abaissé à l'aide d'une tige isolante *t* fixée au levier principal, au moment où ce dernier touche le bouton de pile. Dès que ce contact cesse, la ligne est immédiatement en communication avec la terre par le rhéotome; le courant de retour s'écoulera par cette voie qu'il continuera même à suivre lorsque le levier de transmission sera revenu au repos, en raison de la grande résistance relative des bobines de l'électro-aimant du récepteur.

Fig. 2.

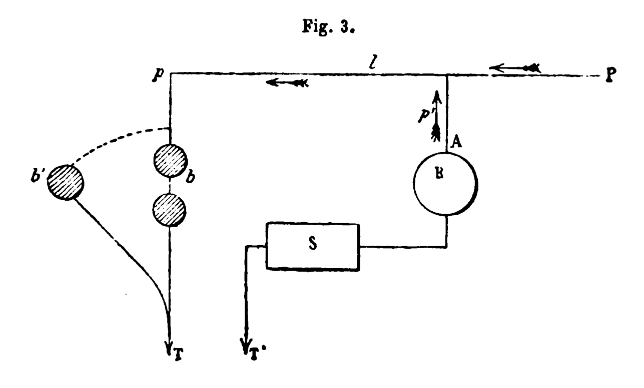


Cette disposition, qui s'appliquerait également sans la

moindre difficulté à l'appareil Hughes, se recommande surtout parce qu'elle donne une communication à la terre *pendant presque tout le temps qui sépare deux émissions successives de courant.*

Lorsque deux postes secondaires montés en dérivation sur le même fil sont pourvus de rhéotomes, et que l'un d'eux travaille avec le bureau principal qui les dessert, on constate après chaque contact un extra-courant assez intense pour faire vibrer le marteau de la sonnerie de l'autre poste. Cette particularité, que j'ai eu souvent l'occasion de remarquer, s'explique du reste aisément.

Fig. 3.



Je suppose que les postes P et *p* soient installés pour correspondre avec le fluide positif, et, par suite, que dans le bureau *p'* l'électrode aluminium soit relié à la ligne. Après chacun des courants émis par le poste P, et avant que son manipulateur ne soit revenu à la position de réception, il y aura production immédiate dans les bobines *b* du bureau *p*, d'un extra-courant de même sens, qui trouvera un circuit fermé suivant T', S, R, *l*, *b*, T; il le parcourra comme l'indiquent les flèches de la *fig.* 3, sans rencontrer de résistance sensible dans le rhéotome.

La sonnerie S fonctionnera donc, légèrement il est vrai, et le plus souvent sans inconvénient pour le service. Mais ces passages successifs et répétés de courant peuvent hâter la décomposition du liquide de l'interrupteur et la destruction de l'aluminium. Mieux vaut les éviter, — et c'est chose facile. Il suffit, à cet effet, de constituer dans le poste p un circuit artificiel au moyen d'une bobine b' d'une résistance de 500 unités environ. L'extra-courant peut en majeure partie passer par cette dérivation, et ce qu'il en arrive à l'autre bureau est trop faible pour produire une action nuisible ou un effet mécanique.

E. Cael.

DE LA MESURE DES COURANTS.

(Mémoire lu par M. W. H. Preece devant la Société des Ingénieurs du télégraphe.)

L'*unité* est une grandeur déterminée ou choisie à laquelle toutes les quantités concrètes de la même espèce peuvent être comparées ou qui sert à les mesurer. La *valeur numérique* d'une quantité est le rapport qui existe entre cette quantité et l'unité. Les unités scientifiques généralement acceptées sont : le centimètre comme unité de longueur, la masse du gramme comme unité de masse, et la seconde comme unité de temps. Toutes les unités physiques peuvent être dérivées de ces unités fondamentales, et on les appelle alors *unités absolues*.

Le caractère propre d'un système absolu est de permettre aux savants de toutes les nations de ramener toutes espèces de quantités physiques à une échelle commune de comparaison.

Le système absolu de mesures électriques peut rendre des services inappréciables aux ingénieurs des télégraphes : il est en usage dans presque tout l'univers, et, quelque différents que puissent être les appareils employés, les conditions électriques que l'on aura convenablement constatées seront comprises dans tous les pays.

Le comité de l'Association britannique institué en 1861, qui a déterminé l'unité de résistance et lui a donné le nom de *ohm*, a également établi des étalons semblables

pour la mesure comparative des quantités électriques, qui sont : la *quantité*, la *capacité*, le *potentiel* ou force électromotrice (*) et l'*intensité* du courant. On n'a pas donné de nom particulier à l'unité de quantité électrique, mais l'unité de capacité qui en dépend a été nommée un *farad*. Le farad est représenté en fait par tout condensateur qui contient l'unité de quantité élevée à l'unité de potentiel. On a appelé *volt* l'unité de force électromotrice, et *weber* l'unité d'intensité.

Toutes ces unités sont passées dans la pratique, à l'exception de la dernière qui, de toutes, est peut-être la plus importante et devrait être employée aussi souvent que les autres.

En Amérique, où cependant d'une façon générale on s'attache moins aux côtés scientifiques de la télégraphie, on se sert presque partout du weber, et l'on a l'habitude de dire que l'intensité du courant émis ou reçu par une station est équivalente à tant de webers.

Plusieurs fois on m'a demandé : « Quelle est l'intensité des courants de vos stations » ? et je ne pouvais répondre sans être obligé de faire un calcul. M. Warren de la Rue pense que l'on doit toujours mesurer l'intensité des courants en se servant d'un voltamètre ; mais un galvanomètre des tangentes, des sinus, ou même tout autre galvanomètre, peut également servir à la mesure absolue.

L'unité d'intensité, ou le weber, est le courant produit par une force électromotrice d'un volt agissant à travers une résistance d'un ohm ; en fait, c'est la valeur de I dans l'expression $I = \frac{E}{R}$, quand les trois quantités

(*) La force électromotrice est une différence de potentiel, et si un point du circuit est relié à la terre, le potentiel et la force électromotrice sont synonymes.

sont exprimées en valeur absolue. Toutes les fois qu'on connaît la valeur de E en volts, et celle de R en ohms, on a la valeur de I en webers. Par une heureuse coïncidence, il se trouve justement que la force électromotrice d'un élément Daniell ordinaire est à peu près égale à un volt (en réalité, pour le véritable élément Daniell, elle est de 1,1 volt), de sorte que si l'on connaît le nombre d'éléments employés et la résistance du circuit, on a approximativement le nombre de webers. Supposons par exemple que la résistance de la ligne et des appareils soit de 500 ohms, et qu'on emploie, pour la transmission, une pile de 10 petits éléments Daniell dont la résistance totale est de 200 ohms environ, l'intensité du courant sera représentée par l'expression $I = \frac{10}{500+200}$ $= 0{,}014$ webers.

Mais comme le nombre qui représente la résistance de nos circuits en ohms est toujours bien plus grand que le nombre qui représente la force électromotrice en volts, il en résulte que les courants télégraphiques ont toujours une intensité inférieure à un weber. De là l'utilité de se servir d'un sous-multiple du weber, comme on s'est déjà servi d'un sous-multiple du farad, le *microfarad*. C'est pour la même raison que, en sens contraire, on a adopté également un multiple de l'ohm, le *megohm*, pour la mesure de l'isolement des fils recouverts de gutta-percha ou d'autres substances. Je propose donc d'introduire comme sous-multiple du weber, la millième partie du weber, ou *milliweber*. Ainsi le courant dont nous avons parlé plus haut aura une valeur de 14 milliwebers.

Pour fixer ces unités de différentes grandeurs, on a l'habitude de suivre la méthode adoptée pour représenter

les degrés, les minutes et les secondes; ainsi l'ohm a pour symbole la lettre minuscule grecque ω et le megohm la lettre majuscule grecque Ω. Mais le farad n'a pas de symbole, bien que j'ai proposé la lettre φ, il y a quelques années déjà. Je la propose de nouveau aujourd'hui : le farad serait représenté par la lettre capitale Φ et le microfarad par la petite lettre φ. Je propose de même, pour le weber, la capitale grecque Γ, et pour le milliweber la petite lettre γ employée déjà dans beaucoup d'ouvrages mathématiques pour représenter l'intensité des courants.

Cela posé, pour obtenir la valeur en milliwebers d'un courant dans un circuit, il suffit de lire la déviation sur un galvanomètre dont on connaît la résistance, puis de reproduire cette déviation sur un circuit artificiel connu. Connaissant la force électromotrice et la résistance de la pile, la résistance de la ligne et celle du galvanomètre, on aura immédiatement l'intensité du courant en webers. Pour obtenir cette intensité en milliwebers, il suffit de multiplier par 1.000 le résultat précédent. Par exemple, si avec un galvanomètre ordinaire dont la résistance est de 100 ω et une pile de 10 éléments Daniell de 200 ω de résistance, on obtient une certaine déviation, et si, pour reproduire cette déviation, on est obligé de remplacer la ligne par une résistance de 500 ω, l'intensité du courant qui parcourt la ligne sera

$$\frac{10}{100 + 200 + 500} = 12{,}5\,\gamma.$$

Avec un galvanomètre des tangentes ou des sinus, l'opération est plus simple, car il suffit de faire une seule observation, sur une ligne constante ou sur une ligne connue, pour pouvoir obtenir le *facteur de réduction* qui

donne la valeur correspondante à chaque degré de déviation.

L'usage de cet étalon permet de représenter par des nombres de mérite la sensibilité d'un galvanomètre ou d'un électro-aimant; il suffit, en effet, de chercher la résistance à travers laquelle un élément (ou plusieurs), peut actionner un relais ou faire dévier l'aiguille d'un galvanomètre d'un certain nombre de degrés; cette résistance obtenue, on aura le moyen d'exprimer en milliwebers la sensibilité de l'appareil qu'on essaye. Ainsi, par exemple, si un élément Daniell actionne un relais dont la résistance est de 500 ω, après avoir traversé une résistance de 8.000 ω, le nombre de mérite du relais sera

$$\frac{1}{8.000 + 500} = 0{,}118\,\gamma.$$

Voici les nombres de mérite de plusieurs relais :

NUMÉROS des relais.	RÉSISTANCE des bobines.	RÉSISTANCE DU CIRCUIT pour laquelle on obtient des signaux nets.	NOMBRES de mérite.
1	414 ω	22.000 ω	0,04 γ
2	608 ω	18.000 ω	0,05 γ
3	303 ω	10.000 ω	0,09 γ
4	696 ω	22.000 ω	0,04 γ

Cette méthode permet de se faire une idée très-exacte de la condition électrique d'une ligne quand le temps change. Ainsi, pendant une belle journée les courants envoyés et reçus aux deux extrémités de la ligne ont été trouvés égaux à 6,5γ environ, tandis que par une journée humide, le courant émis est devenu égal à 20γ, et le courant reçu à 3γ seulement.

Si l'on enregistrait l'intensité du courant en milliwebers dans diverses stations le long d'une ligne, on pourrait figurer par une courbe l'état d'isolement de la ligne sur tout son parcours.

(*Engineering*.)

CALCUL THÉORIQUE

DE LA RÉSISTANCE LA PLUS CONVENABLE

A DONNER AUX RÉCEPTEURS TÉLÉGRAPHIQUES.

(Par R. S. Brough, *Philosophical Magazine*, décembre 1877.)

La résistance que doivent avoir les récepteurs électro-magnétiques intercalés dans un circuit télégraphique, n'a jamais été déterminée dans les livres scientifiques que d'une manière incomplète et vague. Ordinairement on se contente de dire que, pour les courts circuits, les bobines de ces appâreils doivent être formées de gros fil, et de fil fin pour les longs circuits, Cependant le professeur Fleeming Jenkin, dans son traité intitulé ***Electricity and Magnetism***, constate que la résistance de l'appareil récepteur ne doit jamais être supérieure à une certaine fraction de la résistance du circuit entier. Il ajoute même, en note, que quelques autorités (qu'il ne nomme pas) recommandent de donner à l'appareil récepteur une résistance égale aux 5/16 de celle de tout le circuit, et il fait remarquer que cette valeur semble encore trop grande.

M. Schwendler, dans ses *Testings instructions* qui ont été publiées avec l'approbation du directeur général des télégraphes de l'Inde, est d'avis que, eu égard à l'état imparfait de l'isolement du fil de ligne, la résistance du récepteur doit être égale aux 5/8 de celle de ce fil. Sur des lignes relativement courtes, et à des vitesses assez

lentes, de 12 mots par minute par exemple, la résistance du récepteur n'a plus beaucoup d'importance, puisque l'on peut compenser le défaut de sensibilité en augmentant l'intensité de la pile, et que le circuit fonctionnera tout aussi bien, que la résistance du récepteur soit de 500 ohms ou de 2.500.

Dans ce cas, la règle générale que l'on trouve dans les traités est suffisante dans la pratique.

Mais quand il s'agit de transmissions à grande vitesse (*), de lignes très-longues et bien isolées, la question est toute différente et devient très-importante.

La résistance qu'il convient de donner à un électro-aimant employé comme récepteur sur une ligne doit être considérée à deux points de vue : au point de vue statique et au point de vue cinétique.

Au premier point de vue, le problème est purement statique, c'est-à-dire qu'il s'agit de trouver la résistance qu'il faut donner à un récepteur pour obtenir sa force magnétique maximum, lorsque la ligne est parcourue d'un bout à l'autre par un courant constant ; on entend d'ailleurs par courant constant celui dont l'intensité ne varie pas pendant tout le temps qu'il passe. Ce problème est complétement résolu et la solution très-exacte.

On peut démontrer que la force magnétique maxima est donnée par l'expression

$$r = \sqrt{ki}\left[\frac{\sqrt{ki}\,(1-e)^{-rl\sqrt{\frac{k}{i}}} + f(1+e)^{-2l\sqrt{\frac{k}{i}}}}{\sqrt{ki}\,(1+e)^{-2l\sqrt{\frac{k}{i}}} + f(1-e)^{-2l\sqrt{\frac{k}{i}}}}\right]$$

(voir Blavier, *Annales* 1858, p. 234),

(*) Pour la télégraphie à grande vitesse, les récepteurs électro-chimiques étant dépourvus d'inertie mécanique et électrique, sont bien superieurs aux récepteurs électro-magnétiques.

dans laquelle r = la résistance de l'appareil récepteur,
f = la résistance de la pile,
(*) k = la conduction par unité de longueur,
(*) i = l'isolement par unité de longueur,
et l = la longueur de la ligne.

Si l'on néglige la résistance de la pile,

$$r = \sqrt{ki}\,\frac{(1-e)^{-2l\sqrt{\frac{k}{i}}}}{(1+e)^{-2l\sqrt{\frac{k}{i}}}}$$

= la résistance de la ligne dont l'extrémité éloignée est à la terre.

Cette valeur de r doit être réduite considérablement si l'on tient compte de l'épaisseur de l'enveloppe isolante du fil de l'appareil récepteur, par application de la règle suivante : la résistance de l'appareil récepteur doit être à la résistance extérieure comme le diamètre du fil nu est au diamètre du fil recouvert.

Au second point de vue, le problème est cinétique. Cette fois, le courant n'est pas supposé constant ; mais on prend en considération l'influence de la résistance du récepteur sur la rapidité avec laquelle varie le potentiel de la ligne, c'est-à-dire son influence sur la vitesse de transmission, puisque la transmission résulte d'une variation convenue d'avance du potentiel à l'extrémité de la ligne où l'on reçoit ; ce problème n'a jamais été complétement résolu.

Toutefois, Sir William Thomson a démontré que quand

(*) Soit A = isolement de la ligne mesuré, l'extrémité éloignée étant isolée ; et B = la conduction, l'extrémité éloignée étant à la terre, on a

$$k = \frac{\sqrt{AB}}{2l}\ \text{L. nép.}\ \frac{\sqrt{A}+\sqrt{A}}{\sqrt{A}-\sqrt{B}}$$

et

$$i = \frac{AB}{K}.$$

la résistance du récepteur n'est pas très-grande en comparaison de celle d'une ligne parfaitement isolée, elle produit sur la vitesse de transmission le même effet que si l'on avait augmenté la longueur de la ligne d'une quantité du même fil dont la résistance serait égale à celle du récepteur.

Sir William Thomson a depuis démontré que la vitesse de transmission sur une ligne dépend de la valeur pour cette ligne d'une certaine constante que l'on peut appeler le « retard caractéristique » de la ligne et dont l'expression est

$$C_r = \frac{kcl^2}{\pi^2} \text{ L. nép. } \left(\frac{4}{3}\right),$$

dans laquelle k est la résistance et c la capacité par mille de la ligne, et l la longueur de la ligne en millles.

La valeur de ce coefficient C_r augmente en raison du carré de la longueur de la ligne; et comme, en augmentant la résistance de l'appareil récepteur, on augmente virtuellement la longueur de la ligne, il est parfaitement évident que si la résistance du récepteur est trop considérable, la valeur de ce coefficient croîtra au point de réduire notablement la vitesse de transmission de la ligne.

On en déduit que, dans le cas d'*une ligne longue et très-bien isolée*, la résistance du récepteur qui serait la plus convenable en se reportant à la solution fournie par l'examen du problème au point de vue statique seulement, aurait une valeur trop grande et susceptible de réduire la vitesse de transmission.

Je ne considérerai ici que le cas où la ligne est parfaitement isolée.

Supposons $l =$ la longueur de la ligne en milles.

$k =$ la résistance (par mille), en ohms (supposée uniforme).

c = la capacité (par mille), en farads (supposée uniforme).

Et r = la résistance en ohms de l'appareil récepteur.

Alors la sensibilité de l'appareil récepteur est

$$S = \text{const.} \times \frac{\sqrt{r}}{r + kl},$$

et en supposant que l'introduction dans le circuit d'un récepteur d'une résistance r exerce la même influence sur la vitesse de la transmission que l'addition à la ligne d'une longueur $\frac{r}{k}$ milles, on aura

$$C_r = \text{const.} \times \frac{kc\left(l + \frac{r}{k}\right)^2}{\pi^2} \text{ L. nép.} \left(\frac{4}{3}\right).$$

Admettons que le rendement du récepteur varie en raison directe de sa sensibilité, mais en raison inverse de son coefficient de retard, nous aurons alors l'expression suivante qui représente son rendement :

$$R' = \text{const.} \times \frac{\pi^2 \sqrt{r}}{kc\left(l + \frac{r}{k}\right)^2 (r + kl) \text{ L. nép.} \frac{4}{3}} =$$

$$= \text{const.} \times \frac{\sqrt{r}}{(r + kl)^3}.$$

Cette expression atteint un maximum pour

$$r = \frac{kl}{5},$$

c'est-à-dire que la résistance du récepteur, lorsqu'on a une ligne parfaitement isolée et uniforme, doit être égale au $\frac{1}{5}$ de la résistance de la ligne (*).

(*) Il est assez curieux de constater que c'est cette valeur que M. Hughes a déduite de ses expériences.

Si l'on tient compte de la résistance de la pile de transmission que l'on a négligée jusqu'ici, le résultat est modifié comme il suit :

Supposons que l'on ait un certain nombre d'éléments (tous de même force électromotrice et de même résistance) et qu'on les dispose de telle sorte que la résistance totale de la pile soit égale à f; alors il est facile de démontrer que la force électromotrice totale de la pile sera proportionnelle à $\sqrt{f}$.

L'expression de la sensibilité du récepteur deviendra, en employant la même notation que ci-dessus :

$$S = \text{const.} \times \frac{\sqrt{fr}}{f + r + kl},$$

et le retard caractéristique sera

$$C_r = \text{const.} \times \frac{kc\left(l + \dfrac{f+r}{k}\right)^2}{\pi^2} \text{ L. nép. } \left(\frac{4}{3}\right),$$

et, enfin, l'expression qui représente le rendement de l'appareil récepteur devient

$$R' = \text{const.} \times \frac{\sqrt{fr}}{(f + r + kl)^3}$$

qui a un maximum par rapport à f et à r, correspondant à

$$r = \frac{1}{5}(f + kl),$$

$$r = \frac{1}{5}(r + kl).$$

Ces conditions de maximum sont remplies simultanément par

$$r = f = \frac{1}{4} kl.$$

LE TÉLÉPHONE.

Le 31 octobre dernier, M. Graham Bell a lu devant la Société anglaise des ingénieurs des télégraphes un mémoire sur la nature, l'histoire et le développement de l'invention du téléphone. L'orateur commence par dire que depuis longtemps il s'occupe de l'étude du son et de la téléphonie. Ses premières expériences ont été faites en aidant son père, M. Melville Bell, d'Édimbourg, dans ses travaux sur le mécanisme de la parole. M. Melville Bell a imaginé une méthode permettant de représenter très-exactement les positions des différents organes qui concourent à la formation du son ; et il a entrepris avec son fils une série de recherches sur les rapports musicaux des voyelles. Chaque voyelle, lorsqu'on la prononce, semble avoir une hauteur de son qui lui est propre, et pour déterminer cette hauteur, M. Graham Bell s'est servi d'un moyen qu'il croyait nouveau : c'était de faire vibrer devant la bouche des diapasons différents et de noter le diapason représenté par chaque voyelle. Il apprit plus tard que ces expériences avaient déjà été faites par Helmholtz, qui était même parvenu à reproduire artificiellement les sons voyelles à l'aide de courants électriques. C'est ce qui engagea M. Bell à porter son attention sur l'électricité.

Il essaya plus tard, au Canada, de répéter les expériences de Helmholtz, mais sans succès. Il s'occupa alors de la transmission de notes musicales. Il lui sembla que

par la méthode de Helmholtz on devait pouvoir faire vibrer électriquement, non-seulement des diapasons, mais aussi les cordes d'un piano, en un mot, qu'on devait pouvoir jouer du piano à l'aide de l'électricité. Dès lors, il devait être possible de transmettre non-seulement une note musicale simple, mais même des accords, et par suite de transmettre un certain nombre de messages télégraphiques à la fois en donnant à chaque message une hauteur de ton différente, et en définitive d'arriver à transmettre simultanément sur un même fil autant de dépêches que l'on pourrait transmettre de sons musicaux d'une hauteur différente. Tel était l'objectif du professeur Bell lorsqu'il commença ses recherches téléphoniques.

Lorsqu'on examine les différentes manières de produire des notes musicales à l'aide d'un courant électrique, on voit qu'il n'existe pas moins de neuf variétés de courants téléphoniques, c'est-à-dire de courants pouvant servir à produire des vibrations à la station de réception. On peut les diviser en trois catégories sous les noms de courants *intermittents*, courants *pulsatoires* et courants *ondulatoires*. Les courants de chacune de ces catégories se subdivisent eux-mêmes en courants *positifs*, *négatifs* et *renversés*. Les courants intermittents sont caractérisés par les alternatives de présence et d'absence de l'électricité sur la ligne. Les courants pulsatoires résultent de changements instantanés dans l'intensité d'un courant continu ; c'est un courant continu avec une série d'accroissements égaux dans son intensité. Les courants ondulatoires sont des courants électriques dont l'intensité est proportionnelle à la vitesse du mouvement d'une particule d'air pendant la production d'un son. La courbe qui représente graphiquement le courant ondula-

toire pour une note musicale est la courbe qui représente la vibration pendulaire simple, c'est-à-dire une courbe sinusoïdale.

Il semblerait que jusqu'à M. Bell, tous les expérimentateurs ont employé des courants intermittents ou des courants pulsatoires pour arriver à produire les sons à l'aide de l'électricité. Le professeur Bell est le seul qui ait eu l'idée des courants ondulatoires et les ait employés. C'est la découverte de cette variété de courant téléphonique qui a permis de reproduire artificiellement le langage articulé. Lorsqu'on transmet à l'aide d'un courant *pulsatoire* un grand nombre de notes musicales, l'effet produit est équivalent à celui que produirait un courant continu d'intensité moyenne; mais si l'on emploie les courants ondulatoires, l'effet n'est plus le même. Une transmission de note musicale par les courants ondulatoires a pour effet de changer la courbe de la vibration électrique. La même chose se produit quand on emploie un courant ondulatoire inverse; et l'usage des courants ondulatoires renversés est théoriquement, de tous les moyens, celui qui permet de transmettre sur un même fil le plus grand nombre de notes superposées. Peu à peu il devint évident pour M. Bell, qu'à l'aide des courants électriques ondulatoires, on devait pouvoir transmettre sur un circuit télégraphique, non-seulement des notes musicales, mais aussi des paroles articulées. La combinaison de deux ondulations pour deux notes musicales donne une vibration électrique de nuance différente, et cet effet est analogue à celui qui est produit sur l'air par les notes musicales; il pensa en même temps que s'il parvenait à faire varier l'intensité du courant électrique de la même manière que la densité de l'air varie pendant la production de différentes notes, il arriverait à trans-

mettre des sons variés à l'aide de l'électricité. La question était donc de transporter et reproduire à la fois la *hauteur* et l'*amplitude* des vibrations. C'est ce que Helmholtz a réalisé jusqu'à un certain point, en faisant varier la capacité du résonnateur creux qu'il emploie avec ses diapasons.

Le professeur Bell pensa qu'on simplifierait beaucoup la disposition de Helmholtz si l'on réussissait à faire vibrer les diapasons eux-mêmes à divers degrés d'intensité, et c'est ce qu'il chercha à obtenir. Sa première idée de téléphone articulant consistait en une sorte de harpe composée de tiges de fer courtes, pouvant vibrer devant les pôles d'une série d'électro-aimants : l'arrangement était le même à la station de réception. Chacune de ces tiges était, comme un diapason, accordée de façon à donner une note d'une certaine hauteur. En touchant l'une d'elles avec le doigt, elle vibrera en donnant une note musicale. Il en résultera un courant électrique ondulatoire et la tige correspondante vibrera également. Non-seulement les deux tiges vibreront, mais l'amplitude de l'une déterminera l'amplitude de la vibration de l'autre, car la force avec laquelle la première tige est pincée détermine l'amplitude de sa vibration, par suite, la grandeur de la vibration qu'elle fait subir au champ magnétique, et l'intensité du courant induit qui en résulte. Si l'on émet dans un piano des sons voyelles, le piano renverra ces sons sous forme d'écho. Le son des voyelles se sera pas reproduit exactement, mais on démontre théoriquement qu'il le serait si le piano avait un nombre de cordes suffisant (*).

(*) On connait l'expérience fondamentale de Wheatstone : une tige en fer posée sur la table d'harmonie d'un piano placé dans une salle du rez-de-chaussée, aboutit d'autre part sur la caisse d'harmonie d'un violon

L'idée de M. Bell était de prononcer la note dans le voisinage de la harpe et de mettre ainsi en vibration certaines cordes. A l'autre extrémité du fil, les cordes auraient vibré avec une force proportionnelle, et le *timbre* de la note aurait été reproduit. Telle était la première forme conçue du téléphone. Toutefois, comme la construction d'un tel appareil eût coûté fort cher, M. Bell chercha une autre forme plus simple. Il enseignait, à cette époque, aux sourds-muets de Boston, à se servir de leurs organes vocaux et à articuler. On sait que les organes des sourds-muets servant à la prononciation des voyelles ne sont pas défectueux, et que les sourds-muets ne sont muets que parce qu'ils sont sourds, de sorte que si l'on enseigne à un sourd-muet comment il faut placer les organes de la parole, il pourra parler. Le professeur Bell, en faisant ses expériences sur les sourds-muets, imagina de leur représenter optiquement les vibrations du son. M. Maurey, de l'Institute of Technologie, venait de perfectionner le phonautographe. Il était parvenu à faire vibrer, à l'aide de la voix, un style en bois d'un pied de longueur environ, qu'il fixait à la membrane du phonautographe; et, avec ce style, il obtenait des traces agrandies des vibrations de l'air, produites par le son des voyelles, sur une plaque de verre noircie à la fumée. Le professeur Bell trouva qu'il y avait une grande ressemblance entre la manière dont ce style de bois est mis en vibration par la membrane du phonautographe, et celle dont les osselets de l'oreille humaine sont mis en vibration par la membrane du tympan. Il voulut construire un phonautographe dont le

ou violoncelle placé à un étage supérieur. Quand on joue du piano, les sons sont reproduits par le violon ou violoncelle avec le timbre propre à ces derniers instruments, comme si, au rez-de-chaussée, on jouait du violon ou du violoncelle au lieu du piano.

mécanisme se rapprochât encore plus de celui de l'oreille humaine. A cet effet, il consulta un spécialiste de Boston, le docteur Blake, qui lui conseilla d'employer l'oreille humaine elle-même comme phonautographe. M. Bell prit une oreille humaine, enleva *l'étrier* et fixa à l'extrémité de *l'enclume* un brin de foin (à cause de sa légèreté). En humectant de glycérine étendue d'eau la membrane du tympan et les trous auriculaires, il rendait ces organes aussi mobiles qu'il le fallait, et en chantant dans la partie externe de l'oreille, le style entrait en vibration; ces vibrations étaient enregistrées sur une plaque de verre noircie à la fumée que l'on passait rapidement devant le style. Au cours de ces expériences, il fut frappé de la grande disproportion qui existe entre le poids de la membrane et celui des osselets qu'elle fait vibrer. Si donc, pensa-t-il, une membrane aussi mince qu'une feuille de papier suffit pour produire les vibrations des osselets qui sont relativement d'un poids et d'une dimension considérables, pourquoi une membrane plus grande et plus épaisse ne ferait-elle pas vibrer un morceau de fer devant un électro-aimant? S'il en était ainsi, on pouvait renoncer aux fils d'acier compliqués dont se composait la harpe et les remplacer par un simple morceau de fer fixé à une membrane.

Pour réaliser cette idée, il utilisa un appareil dont il se servait alors pour produire les courants électriques ondulatoires destinés à la télégraphie multiple; il fixa au centre d'une membrane de baudruche bien tendue sur une caisse à air, l'extrémité d'une tige ou d'un ressort d'acier dont l'autre extrémité pouvait se mouvoir librement devant un électro-aimant (c'était sans doute une réminiscence du téléphone de Reiss; mais Reiss en faisait un interrupteur de pile et ne pouvait, par suite, re-

produire l'amplitude des vibrations). En parlant à proximité de la membrane, celle-ci devait vibrer; et, la tige d'acier vibrant de la même manière, les ondulations du courant électrique ainsi engendré, devaient correspondre aux variations de la densité de l'air pendant la production du son; de plus, à l'autre bout de la ligne, ce courant d'intensité variable, agissant sur un électro-aimant, devait attirer une armature en forme de tige ou de ressort et la faire vibrer de façon à reproduire le mouvement de la tige à la station de départ. Le résultat ne fut pas satisfaisant. M. Bell continua ses recherches, et, après plusieurs essais qui ne réussirent qu'en partie, il se détermina à réduire autant que possible les dimensions et le poids du ressort fixé au diaphragme. Pour cela, il colla au centre du diaphragme un morceau de ressort de pendule de la forme et de la dimension d'un ongle de pouce, et il réussit ainsi à entendre distinctement. Nous ne rappellerons pas les différentes transformations subies par l'appareil avant d'arriver au type qui a été exposé à l'Exposition du centenaire à Philadelphie. Ce dernier système comprend deux instruments différents, l'un pour la transmission et l'autre pour la réception. C'est sur cet appareil que sir Thomson a pu entendre cette phrase : « to be or not to be » désormais célèbre dans l'histoire du téléphone. Le professeur Bell se décida à reconstruire l'instrument entièrement, mais auparavant il voulut reconnaître empiriquement l'effet exact de chacune des parties de l'ensemble du système. Il constata que les sons deviennent plus forts en réduisant la longueur des bobines de fil formant l'électro-aimant, et en agrandissant le diaphragme de fer qui est collé sur la membrane. L'articulation devint aussi plus distincte.

En dernier lieu, il renonça à l'emploi de la baudruche, qui fut remplacée par une simple plaque de fer, et il obtint ainsi une articulation intelligible. C'est alors qu'il vérifia, ce qu'il avait prévu depuis longtemps, que l'emploi de la pile ne servait qu'à aimanter le noyau de fer de l'aimant, car on distinguait les sons aussi nettement en supprimant la pile et remplaçant le noyau de fer doux de l'électro-aimant par une tige d'acier aimanté. M. Bell a toujours pensé qu'on en viendrait un jour à ne se servir que d'un aimant permanent pour actionner le téléphone, et les expériences qu'il a faites avec M. Watson lui ont donné raison. De ces dernières recherches est résulté l'appareil que nous connaissons aujourd'hui. On a construit d'autres appareils avec des aimants en fer à cheval juxtaposés et dont les deux pôles étaient mis en regard du diaphragme; ils sont plus grands et plus puissants, mais ils sont moins portatifs.

Un fait curieux à noter, c'est la facilité avec laquelle les vibrations se communiquent à peu près de la même manière à des diaphragmes de dimensions très-différentes. Des morceaux de tôle de chaudière de 2 à 3 pieds, près de 1 mètre de diamètre, et de $\frac{3}{8}$ de pouce, c'est-à-dire près de 1 centimètre d'épaisseur, servaient à peu près aussi bien que de petits diaphragmes minces. M. Bell a pris encore une pièce de bois de 1 pouce d'épaisseur (25^{mm}), et de 1 pied carré (3 décimètres de côté), et sur le côté placé en regard de l'électro-aimant il fixait une plaque de fer de 5 pouces (125^{mm}) de diamètre et de 3/32 de pouce ($2^{mm},3$) d'épaisseur. Il supprima l'embouchure et la cavité d'air et causa facilement à travers ce formidable diaphragme avec un correspondant placé à 3 milles de là : d'où M. Bell a conclu que les vibrations étaient

jusqu'à un certain point moléculaires et pas simplement mécaniques.

Dans ses recherches, le professeur Bell n'avait en vue que le perfectionnement pratique de la télégraphie électrique; mais il s'est trouvé en présence de faits qui, tout en ayant rapport à la télégraphie, intéressaient la science électrique. Depuis longtemps on savait que quand un courant intermittent traverse les bobines d'un électro-aimant, on obtient un son musical. M. Bell a démontré que ces sons ne sont pas dus seulement, comme on l'avait toujours cru, aux variations subites de l'état magnétique du noyau de fer, mais qu'ils sont dus en partie aux vibrations du fil de cuivre qui forme la bobine. Il mit dans un même circuit un électro-aimant avec un interrupteur du courant, et le rhéotome fut placé dans une salle éloignée pour ne pas confondre son effet avec celui de l'électro-aimant. Lorsqu'on appliquait l'oreille contre l'électro-aimant, on pouvait entendre un son musical qui se produisait également si l'on enlevait le noyau des bobines. Cet effet est dû sans doute à l'attraction des tours de fil l'un sur l'autre pendant le passage du courant galvanique, et à la cessation instantanée de cette attraction quand le courant ne passe plus. Il est probable aussi que le passage d'un courant intermittent occasionne dans le fil conducteur une vibration moléculaire.

Le professeur Bell a également remarqué que le courant intermittent produit des sons très-distincts lorsqu'on lui fait traverser des barres rigides de fer, d'acier, de charbon de cornue, et de plombagine.

On peut obtenir des effets d'acoustique très-curieux avec les courants intermittents inversés provenant d'une bobine de Ruhmkorff. On place un rhéotome dans le circuit des fils primaires de la bobine d'induction, les

gros fils secondaires étant reliés à deux plaques de cuivre isolées l'une de l'autre par une feuille de papier. On entend un son émis par les lames de cuivre; un son semblable, mais plus intense est émis par un condensateur à feuilles d'étain quand on le relie aux gros fils de la bobine. C'est ce qu'a également découvert M. Ch. Varley.

Le professeur Blake a construit un téléphone dans lequel l'aimant permanent est remplacé par une tige de fer doux de 6 pieds de longueur environ. Cet instrument, lorsqu'on l'actionne à l'aide d'un téléphone du dernier modèle, produit des sons dont la force varie avec la direction que l'on donne à la tige de fer, l'effet maximum se produisant quand cette tige se trouve dans la position de l'aiguille d'inclinaison, et l'effet cessant quand la tige est placée perpendiculairement au plan du méridien magnétique.

Le professeur Peirce a remarqué que le téléphone donne des sons très-curieux lorsqu'il est relié à un fil télégraphique pendant une aurore boréale; d'autre part, le Dr Channing, de Providence (Rhode Island), n'a pu déterminer la cause de certaines notes qui sortaient des instruments placés à chaque extrémité d'un fil qui mettait en communication sa maison avec celle d'un de ses amis située à quelques milles de distance. Un jour, il entendit du chant et de la musique comme si quelqu'un chantait en s'accompagnant au piano. Il crut d'abord que c'était une expérience que l'on faisait au bout du fil, mais après enquête il reconnut qu'il n'en était rien. On examina le fil et l'on ne remarqua aucune coupure, ni rien qui pût donner la cause de ces sons. Les téléphones placés à l'extrémité du fil furent également vérifiés, mais inutilement; et tous les soirs à la même heure, et

pendant le même laps de temps, il entendait le chant et la musique. Afin d'éclaircir le fait, le Dr Channing publia les noms des airs qu'il pouvait distinguer dans l'espoir que, sachant d'où partaient ces airs, il pourrait éclaircir ce mystère et expliquer comment il se faisait qu'il pût entendre ces airs sur son téléphone.

Quant à la distance à laquelle on peut causer sur un fil, M. Bell fait remarquer que la résistance maximum que traverse un courant ondulatoire en conservant une intensité suffisante à la production d'une note, n'est pas encore déterminée. Dans un laboratoire, il a pu causer à travers une résistance de 60.000 ohms. Un jour il a fait passer le courant à travers 16 personnes qui se tenaient par la main. La plus longue ligne sur laquelle il a pu causer est celle de New-York à Boston, soit 250 milles. Il a pu également causer sans difficulté sur un câble artificiel de 120 milles de longueur. On entend les sons vocaux, mais pas le langage articulé, sur une ligne artificielle équivalente à un câble transatlantique. Des airs chantés à une des extrémités du câble artificiel sont distingués à l'autre extrémité de ce câble. On a pu tenir une conversation sur le câble de Darmouth-Guernesey à une distance de 70 milles.

Le plus grand obstacle à l'emploi du téléphone sur les lignes aériennes provient des courants induits dans le circuit téléphonique par les courants envoyés dans les fils parallèles placés sur les mêmes poteaux.

(Traduit de l'anglais par E. Vincent.)

La conférence faite par M. Bell devant la Société des ingénieurs du télégraphe fait comprendre les moyens à

l'aide desquels il est devenu possible de reproduire à distance le langage articulé. C'est grâce au système des courants *ondnlatoires* que le professeur Bell, après de longues recherches, a pu arriver à ce résultat. Dans sa conférence, le professeur Bell a appelé l'attention de son auditoire d'une manière toute spéciale sur les trois principales sortes de courants téléphoniques qui sont : les courants *intermittents*, *pulsatoires* et *ondulatoires*. Le courant intermittent n'est autre chose que l'émission et la suppression alternatives du courant, c'est-à-dire la présence et l'absence alternatives du courant sur le fil. Les courants pulsatoires sont dus aux changements subits ou instantanés de l'intensité d'un courant continu; c'est-à-dire que si l'intensité du courant normal qui parcourt la ligne est égale à 5, cette intensité, à un moment donné, sera égale à 10. Pour figurer graphiquement ces courants pulsatoires, on représente l'intensité du courant à son état normal par un trait dont l'épaisseur est, par exemple, d'un quart de pouce. Au point où cette intensité s'élève à 10, l'épaisseur du trait devient subitement d'un demi-pouce et reste ainsi jusqu'au point où l'intensité revient à son état normal : alors le trait reprend son épaisseur première d'un quart de pouce. Ces accroissements et ces diminutions d'intensité sont ainsi figurés par une ligne dont l'épaisseur augmente tout à coup, à différentes distances correspondant aux périodes de temps pendant lesquelles le courant est renforcé.

Les courants ondulatoires diffèrent complétement des courants pulsatoires. Lorsqu'on lance une pierre dans l'eau tranquille, il se forme à la surface une série d'ondes qui diminuent graduellement de volume et finissent par s'éteindre au loin. Un son émis dans l'air produit un effet semblable; il met en mouvement l'air placé dans

son voisinage immédiat en donnant naissance à une série d'ondes dont la forme dépend de la force et du volume du son, de même que le volume des rides de la surface de l'eau dépend du poids et de la force de la pierre qu'on a lancée.

Ces ébranlements produits dans l'eau et dans l'air sont ondulatoires, et conviennent parfaitement pour faire comprendre ce qu'on entend par cette forme de courants ondulatoires, à laquelle on doit la découverte du téléphone articulant.

On n'a jamais pu réussir à obtenir l'articulation avec la pile galvanique. Sa force variable nécessite un réglage continuel de la distance qui sépare le diaphragme de l'électro-aimant, et si on l'emploie pour envoyer des pulsations à la station correspondante, elle produit une action intermittente; d'où résulte une série de vibrations d'intensité égale, de sorte qu'on ne peut obtenir l'articulation. Toute parole prononcée fait vibrer l'air, mais ces vibrations ne sont pas brusques, elles sont modulées, s'élevant et s'abaissant alternativement, tout comme les ondes produites dans l'eau. La seule manière que l'on ait encore trouvée pour obtenir électriquement un mouvement semblable est celle qu'a employée le professeur Bell dans son appareil le plus récent, c'est-à-dire celui dans lequel les courants sont produits par une armature placée en face d'un aimant permanent. Dans le téléphone, l'armature, c'est le diaphragme. Prenons comme position initiale, ou zéro, une certaine position du diaphragme. Si on le rapproche de l'aimant d'une quantité infiniment petite, on fait varier le champ magnétique de l'aimant; et si autour du pôle de l'aimant on enroule des tours de fil, un courant traverse ce fil à chaque nouveau déplacement de l'armature. L'intensité

de ce courant sera proportionnelle à la rapidité du mouvement de l'armature. Si ce mouvement est lent, le courant qui traversera la bobine pour se rendre à la station éloignée sera proportionnellement faible, et si le mouvement est rapide, l'intensité du courant augmentera dans la même proportion. D'où il résulte que les courants engendrés dépendent du mouvement de l'armature, qui lui-même dépend de la forme des ondes de l'air pressant sur l'armature. Ainsi donc, la voix met en vibration l'air dans le voisinage du téléphone; le mouvement qui en résulte fait lui-même vibrer le diaphragme, et ces vibrations donnent naissance à des courants dont l'intensité et la durée correspondent à l'onde qui frappe le diaphragme : ces courants reproduisent un effet semblable sur l'instrument placé à la station éloignée, qui émet à son tour un son proportionnel aux courants engendrés à la station qui transmet.

On voit que cette découverte est due à des recherches savamment faites. Elle ouvre une nouvelle route dans la télégraphie, et bien qu'elle ne soit encore qu'à l'état d'embryon, elle peut rendre de grands et utiles services. Le téléphone pourra remplacer beaucoup des appareils télégraphiques actuels qui, même dans leur forme la plus simple, exigent une certaine instruction technique, et, par suite, un personnel spécial pour la transmission des messages. C'est un mode de communication à la portée de tout le monde puisqu'il n'y a pas d'étude spéciale à faire.

Toutes les fois que l'on voudra absolument communiquer par la parole seule entre deux points trop éloignés l'un de l'autre, on se servira du téléphone. Comme il ne demande ni aptitude spéciale ni instruction technique, qu'en outre il est très-facile à conserver et qu'il coûte

très-bon marché, il mérite toute l'attention du public.

Il peut servir encore à d'autres usages. Dernièrement on l'a employé très-utilement en le reliant à un anémomètre placé dans les puits des mines de charbon, et qui servait à indiquer à la surface du sol la quantité d'air envoyée dans les puits. On peut contrôler ainsi de l'extérieur le degré de ventilation de la mine. Dans cette application, le téléphone qui communique avec l'anémomètre n'a pas de diaphragme. Il se compose simplement d'une bobine et d'un aimant. Très-près du pôle de l'aimant, se trouve un petit morceau de ressort de montre qu'un mécanisme spécial fait vibrer chaque fois que la roue de l'anémomètre a fait 10 révolutions. Le ressort vibre à proximité de l'aimant, mais il ne le touche jamais. Il en résulte un petit coup sec (click) que l'on entend distinctement dans un téléphone ordinaire installé à la manière habituelle et placé dans le bureau du directeur.

On l'a employé dans les nombreuses mines de Cornouaille et en d'autres endroits, pour mettre en communication le fond des mines et la surface du sol, et les mineurs ont pu si bien apprécier son mérite qu'ils se sont opposés à ce qu'on le retirât.

Il peut encore servir utilement aux explorations sous-marines. Avec un fil installé dans le tube à air d'un scaphandre, le plongeur non-seulement peut faire savoir à ceux qui sont au-dessus de l'eau ce dont il a besoin, mais aussi leur rendre compte de la nature du fond, et recevoir d'eux toute espèce de communications, comme s'ils causaient ensemble dans la même salle.

Il sera aussi très-utile pour les opérations militaires sur terre et sur mer. L'officier d'état-major n'aura plus besoin d'un secrétaire exercé, et il ne craindra plus que les plans de son général soient divulgués en tout ou en

partie. Il communiquera avec lui directement, la nuit comme le jour, à la lumière comme dans l'obscurité ; il sera prévenu par une sonnerie, et il n'aura alors qu'à parler et à écouter. Dans les évolutions navales, les navires éloignés pourront être mis en communication avec le commandant à l'aide d'un câble léger ; on pourra établir sur les côtes un réseau télégraphique allant d'un poste de garde de côte à un autre, et signaler les mouvements d'un point quelconque à tout moment. Le garde-côte de service peut amener le fil en un point donné de son parcours, soit pour appeler à l'aide, soit pour signaler ce qui lui semble suspect, et sans quitter son poste, il recevra du secours ou des instructions, suivant le cas.

Le téléphone est tellement sensible que le professeur Bell a pu communiquer avec une autre personne en se tenant assis sur une table en bois sec, son pied touchant seulement de l'herbe, en sorte que la communication avec la terre n'était établie que par son corps et l'herbe. Il est à présumer qu'il rendra aussi de grands services en médecine pour l'observation de l'état physique du corps humain. Il est aussi délicat que le stéthoscope, et il se peut qu'un jour, à l'aide du téléphone, un médecin de province puisse consulter un de ses confrères de la capitale et lui faire étudier en même temps l'état d'un malade qui ne pourrait se déplacer.

(Traduit de l'*Engineering*, par E. Vincent.)

On assure que l'administration militaire allemande veut employer les téléphones pour le service des avant-postes.

Le téléphone est un excellent moyen de communica-

tion entre les postes d'incendie et de police, entre les différents étages d'un hôtel, entre les divers bâtiments d'une fabrique, voire même entre les comptoirs d'une maison de banque et la Bourse. Il pourra aussi rendre de grands services aux administrations des chemins de fer. Seulement, on ne sait pas encore si le téléphone pourra servir pour la transmission de signaux dans un train en marche.

On a proposé de l'employer à faire correspondre un aérostat captif avec le sol.

Les essais de téléphone ont réussi entre Berlin et Brandebourg (68 kil.) : le circuit était formé de 2 fils de la ligne souterraine, l'un d'eux remplaçant la terre comme fil de retour. On a pu converser parfaitement en forçant un peu la voix.

Entre Berlin et Magdebourg (150 kil.), les mots n'étaient plus bien intelligibles ; de temps à autre, l'oreille saisissait un mot plus fortement articulé, mais il n'était pas possible de tenir une conversation. Les chants s'entendaient cependant assez exactement.

La maison Siemens et Halske, de Berlin, fournit des téléphones à raison de 5 marks (6f,25) pièce.

La plus grande difficulté dans l'emploi du téléphone provient du trouble apporté par l'induction des fils voisins et qui se traduit dans les appareils téléphoniques par des effets que M. Preece compare à la crépitation de la grêle contre les vitres et que d'autres électriciens ont, par une comparaison plus vulgaire, assimilé à celle de la graisse dans la poêle à frire. M. Muirhead aurait réussi à écarter cette difficulté en recouvrant le fil de ligne d'une couche isolante mince et en entourant cette couche d'une substance conductrice, telle qu'un ruban étroit de feuille d'étain ou de cuivre, qui serait relié à la terre et agirait

ainsi comme un dérivatif d'induction pour le fil de ligne (procédé déjà indiqué par M. Foucaut pour détruire l'induction des fils souterrains les uns sur les autres).

M. Muirhead a essayé le téléphone sur un câble artificiel. On sait qu'un câble artificiel se compose de condensateurs séparés les uns des autres par des résistances. On a ainsi une ligne artificielle reproduisant, dans une certaine mesure, les phénomènes observés sur les câbles réels. M. Muirhead a imaginé un câble artificiel dans lequel la capacité et la résistance sont mutuellement mêlées ensemble sur tout le parcours, de manière à se rapprocher encore davantage d'un câble réel. Les expériences dont il s'agit ont été opérées sur une longueur de câble artificiel du type du câble *Direct United States.* Le câble artificiel est construit de telle sorte que l'on peut, à volonté, ajouter la capacité au circuit ou l'en écarter. Quand la capacité est écartée, le circuit n'est naturellement qu'un simple circuit de résistance et peut se comparer à une section de ligne aérienne; mais lorsque la capacité est comprise dans le circuit, celui-ci équivaut à une longueur de câble sous-marin. En parlant au moyen du téléphone à une distance de 100 milles de ce câble artificiel D. U. S., les mots étaient relativement clairs et distincts; en un mot, c'était une articulation téléphonique ordinaire, donnant l'idée de ce que serait la petite voix des pygmées et autres sylphes de la Fable; mais dès que l'on comprenait la capacité dans le circuit, la voix perdait à la fois, à un degré remarquable, de sa netteté et de sa force. Elle ne semblait que la moitié aussi forte qu'auparavant et d'un ton amorti, comme si le sylphe se fût éloigné, ou comme s'il eût eu un gros rhume ou eût parlé à travers une enveloppe de ouate. Pour employer une expression plus familière, c'était comme la voix de

quelqu'un parlant de dessous une couverture. Pour une longueur de 150 milles de câble artificiel, tandis que la voix semblait aussi forte qu'auparavant avec un circuit de résistance seul, elle n'était plus perceptible en ajoutant la capacité. Il ne faut pas, toutefois, considérer ces 150 milles comme étant la limite de la puissance du téléphone sur les câbles sous-marins; cette limite dépend en partie aussi de la qualité de l'appareil. Mais, même avec les meilleurs instruments que l'on ait construits jusqu'à présent, la limite extrême de l'articulation ne saurait dépasser de beaucoup 150 milles et elle est certainement au-dessous de 200 milles. Des expériences ont été faites, nous dit-on, à l'Université de Glasgow à travers 200 milles du câble artificiel de sir William Thomson avec d'heureux résultats; mais ce câble est un des « Test circuits » (circuits d'épreuve) de Varley, combiné avec des condensateurs et des bobines de résistances, et il ne donne nullement une approximation exacte d'un vrai câble. La théorie montre (et l'expérience a vérifié ce fait) que si la voix se prolonge sur une même note pendant un temps suffisant pour établir, malgré l'induction, une série régulière d'ondes électriques dans le câble, un son faible sera perceptible. Ainsi, on peut entendre chanter de façon à reconnaître un air à une plus grande distance de câble qu'on ne pourrait entendre parler. Dans l'articulation, les changements de la voix sont si précipités que le câble n'a pas le temps d'établir les séries régulières d'ondes nécessaires pour reproduire le son, de sorte que l'on n'entend rien du tout.

Des essais faits sur des câbles de la Manche de 70 milles de longueur ont réussi.

Les avantages du téléphone sont :

1° Le bon marché.

2° L'absence d'intermédiaires. Le téléphone, en effet, peut, sans instruction préalable, être directement utilisé par tout le monde. Ce n'est pas, il est vrai, que chacun soit également apte à converser par cet appareil, car on a remarqué, au contraire, le fait curieux que certaines oreilles se montraient plus rebelles que d'autres à percevoir, à entendre, pour employer ce mot dans le sens de la compréhension, les sons téléphoniques. Il y a là, sans doute, un phénomène analogue à celui qui se produit pour la vue avec les stéréoscopes, où certaines personnes saisissent plus vite et plus facilement que d'autres le relief unique de la double image. En règle générale, pour converser facilement avec le téléphone, il faut légèrement forcer la voix, toutefois sans crier, et, pour habituer l'oreille du correspodant à distinguer aisément les articulations téléphoniques, il est bon de commencer chaque conversation par l'échange d'une ou deux phrases conventionnelles.

3° La simplicité des organes. Le téléphone n'exige point, en effet, d'appareils accessoires ; il est à lui même son générateur d'électricité, et l'absence de piles, en supprimant une cause d'entretien et une source de dérangements, rend son emploi particulièrement appréciable aux personnes peu familiarisées avec les organes de la correspondance télégraphique ordinaire. (Un générateur d'électricité est cependant nécessaire pour faire fonctionner une sonnerie, afin d'avertir qu'on veut correspondre. Les appareils actuels de M. Bell contiennent en effet une sonnerie actionnée par un générateur électro-magnétique.)

Sans doute le téléphone sera utilisé dans une foule de cas spéciaux et privés : par exemple, pour mettre un chef

quelconque en relation immédiate avec ses employés dans des bureaux ou des usines, pour la police des villes, les annonces d'incendie, pour le service des mines, pour remplacer avec avantage les sonneries électriques dans beaucoup de cas, et dans une foule de circonstances imprévues.

Mais il n'est pas probable que cet appareil puisse être employé pour une administration télégraphique destinée à servir les gouvernements et le public.

En effet, supposons l'appareil parfait, arrivé aux dernières limites de son perfectionnement et pouvant fonctionner à toutes distances avec ou sans relais.

1° Pour transmettre une dépêche avec tous les avantages que comporte le système, il faudrait que l'expéditeur pût parler lui-même directement au destinataire sans l'intermédiaire d'employés.

Or, tous ceux qui connaissent l'organisation des réseaux savent que cela n'est pas possible, qu'il faut nécessairement des bureaux intermédiaires de dépôt, que le public ne peut être admis dans les bureaux de transmission et de réception; par conséquent l'expéditeur devra remettre sa dépêche écrite.

2° L'employé une fois chargé de ce soin, l'appareil a déjà perdu un de ses principaux avantages; car cet employé devra lire la dépêche, la prononcer à son correspondant, mais si cette dépêche est écrite dans une langue étrangère, cela devient évidemment impossible.

3° Enfin, aujourd'hui les administrations possèdent des instruments qui permettent d'expédier les dépêches avec une vitesse plus grande que celle qu'on obtiendrait en les expédiant par la voix.

(Extrait du *Journal télégraphique international*, etc.)

Essais en France du téléphone d'Edison. — La note suivante a été lue le 7 janvier à l'Académie des sciences par M. Bréguet : « J'ai l'honneur de présenter à l'Académie les intéressants résultats que j'ai obtenus d'après les indications de MM. Garnier et Pollard, ingénieurs des construction navales à Cherbourg.

« Ayant entendu parler des travaux de M. Edison relatifs à la téléphonie voltaïque, M. Pollard a cherché à réaliser les expériences de ce savant, en employant, comme lui, de la plombagine pour constituer un conducteur à résistance variable.

« Une petite plaque de fer-blanc, tout à fait analogue à celle du téléphone de Bell, est mise en contact avec l'extrémité d'un crayon ordinaire à la mine de plomb, cette extrémité exerçant une légère pression sur la partie centrale de la plaque. Le crayon, d'une part, et la plaque, de l'autre, sont reliés par des fils de ligne ordinaires aux deux extrémités du fil de la bobine d'un téléphone de Bell, et la tige aimantée du téléphone est remplacée ici par une tige de fer doux. Une pile de dix éléments Leclanché est interposée dans le circuit.

« Lorsque, en parlant, on met en vibration la plaque de l'appareil transmetteur, l'extrémité du crayon de plombagine subit une série de modifications dans son contact avec la plaque, sans que ce contact soit jamais rompu. Ces modications se traduisent par des variations dans la résistance du circuit, au point de contact même, et par conséquent par des variations dans l'intensité du courant permanent de la pile.

« On conçoit dès lors que ce courant, dont l'intensité ne varie que d'après les mouvements élémentaires de la plaque vibrante, produise, dans l'électro-aimant du téléphone récepteur, des alternatives d'attraction et de non-

attraction. Celles-ci agissent absolument à la manière ordinaire de l'appareil Bell, et permettent par conséquent d'entendre la voix d'une personne parlant au loin dans le transmetteur.

« Outre que l'expérience est intéressante par elle-même, nous croyons que ces expérimentateurs s'engagent dans une voie qui pourra les mener à un accroissement de l'intensité de la voix perçue dans les téléphones ordinaires. »

CHRONIQUE.

Académie des Sciences.

Dans la séance du 3 décembre 1877, M. William Thomson a été élu *associé étranger* en remplacement de M. de Baër.

Le Hughes duplex sans condensateurs.

Le fonctionnement de ce nouveau mode de transmission a été officiellement constaté comme il suit, dans un rapport adressé par le chef du bureau de Marseille :

« Le nouveau système de Hughes duplex de M. Ailhaud a été mis en service entre Marseille et Lyon, le 27 décembre, à l'ouverture, et fonctionne régulièrement depuis cette époque.

« Les condensateurs ont été entièrement supprimés, grâce à l'adjonction de trois cames auxiliaires qui mettent en jeu un levier et quatre petits ressorts : les compensations sont faites pour la *charge* par des diminutions de la résistance de la ligne factice, ce qui donne successivement *trois valeurs* différentes à cette résistance; pour la *décharge*, par des émissions du courant de la pile sur cette même ligne factice.

« La décharge se fait en *cascade* comme la charge : un premier contact ferme directement le circuit de la pile de ligne ; un second contact introduit une résistance dans ce circuit.

« Comme dans le système précédemment adopté, le récepteur fonctionne au moyen d'un relais et d'une pile locale, et le réglage se fait à l'aide d'un galvanomètre à miroir. Une disposition particulière permet de régler séparément la charge et la décharge.

« Les résultats obtenus sont excellents; le réglage est assez simple et se maintient facilement. »

Chronique du Téléphone.

Le télephone de Bell, en France comme à l'étranger, est l'objet de nombreuses expériences. Le premier essai a été fait entre l'administration centrale et un local de l'avenue de Breteuil : quand le fil était relié à la terre de la station centrale, on recevait sur le téléphone les courants émis par les appareils de la station centrale. M. Pollard, ingénieur de la marine, a correspondu avec Cherbourg des bureaux de Carentan, Saint-Lô et Caen; M. Dutertre, de Rouen, a expérimenté aussi le téléphone sur la ligne de Rouen à Dieppe. Enfin des essais se poursuivent en ce moment entre Paris et Versailles. Dans tous les cas, on s'est trouvé gêné par les effets d'induction et de dérivation provenant des autres fils placés sur les mêmes potaux.

Expériences faites à Calais et à Boulogne. — M. Vasseur, inspecteur du Pas-de-Calais, et M. Lecamus, chef de la station de Calais, envoient les renseignements suivants sur les expériences téléphoniques auxquelles ils ont assisté.

La sensibilité extrême du téléphone a été mise en évidence de diverses manières : au bureau de Calais, le téléphone relié d'un côté à la terre et de l'autre à un fil de ligne occupant sur les poteaux le quatrième rang, a reçu distinctement les signaux Morse échangés entre Lille et Londres par un conducteur occupant le premier rang sur les mêmes poteaux. Puis, la communication entre le téléphone et ce même fil ayant été établie par l'intermédiaire de quatre employés se tenant par la main, on a continué à recevoir distinctement les mêmes signaux.

Une communication téléphonique a été établie entre Boulogne et Calais, par un fil de ligne n'ayant aucun parcours commun avec les fils intérieurs des deux postes, et aboutissant à ses deux extrémités à des terres indépendantes et bien distinctes de celles de ces stations. On a reçu, malgré cela, toutes les transmissions échangées par les fils placés sur les mêmes poteaux. Le fil affecté au téléphone occupant le rang le plus élevé, on percevait les transmissions (Cadran et Morse) des

fils de la compagnie qui occupent le septième et le huitième rang. On recevait même tous les signaux Morse transmis entre Londres et Lille par un fil n'ayant de parcours commun avec le fil servant au téléphone qu'entre l'entrée du bureau de Calais et le premier appui de la ligne, soit sur une longueur de 50 mètres.

Entre Sangatte et Saint-Margarets bay, atterrissements du câble de Calais à Douvres (30 kil.), la conversation était facile, quand les transmissions étaient suspendues par les autres fils du câble.

Entre le bureau de Calais et celui de Douvres (45 kil.), les résultats ont été satisfaisants, à la condition que les transmissions sur les fils voisins ne fussent ni trop nombreuses ni trop pressées.

L'expérience la plus concluante a été celle faite entre Calais et Boulogne (45 kil.), le soir après la clôture. *Après avoir reconnu que le circuit par la terre était préférable au circuit métallique, on a réuni deux fils pour former un conducteur ayant plus de surface, ce qui a notablement augmenté l'intensité des sons reçus*. Le piano, le chant, le rire, etc., tout a été parfaitement rendu, et la conversation s'est échangée presque sans interruption pendant deux heures.

Un essai fait sur la plage a démontré que peut-être le téléphone pourrait être utilisé au profit des expériences de balistique. En effet, à cette séance, on a placé le téléphone près de la pièce, et l'on a perçu la détonation à 3 kilomètres (au point de chute); en mesurant le temps écoulé entre la sortie du projectile et sa chute, on a pu calculer sa vitesse. Cette appréciation se fait habituellement par l'observation visuelle de la flamme qui accompagne la sortie du projectile; mais dans certaines circonstances telles que brouillard ou tir à longue portée, le téléphone remplacerait peut-être avantageusement l'observation visuelle. Sur le champ de bataille, un observateur muni d'un teléphone, et placé sur une éminence pourrait, à distance, rectifier le tir de sa batterie établie généralement dans un endroit abrité et moins élevé. En campagne, le téléphone pourrait aussi être utilisé pour dérober à l'ennemi le secret de ses correspondances télégraphiques, sans lui donner l'éveil, par l'affaiblissement du courant qui résulte

de toute dérivation prise directemeut sur le fil comme cela se pratique aujourd'hui; on pourrait, en effet, dérober une dépêche en mettant le téléphone en communication, non avec le fil sur lequel la dépêche est transmise, mais sur un fil voisin ou, à son défaut, sur un fil parallèle qu'on établirait d'une façon rapide et provisoire (50 mètres environ suffiraient probablement).

Expériences de M. Demoget, de Nantes. — Si l'on met deux téléphones en communication directe avec les deux fils d'une bobine de Rhumkoff, de manière à fermer les courants de chacun d'eux au moyen de ces fils, si l'on parle dans l'un ou l'autre de ces appareils, le deuxième transmet les sons comme si les deux téléphones étaient en communication directe,

Pour cette expérience, j'ai employé la bobine de Ruhmkorff de 30 centimètres de longueur à fil fin, et il est à remarquer que le fil induit de cette bobine, introduit directement dans la ligne, comme résistance, interceptait toute communication.

Avec une bobine d'un petit modèle, l'expérience réussit tout aussi bien.

L'explication de ces faits est très-simple. Malgré la faiblesse des courants produits par le premier téléphone, ils engendrent, dans l'autre fil, des courants induits assez puissants pour faire vibrer la plaque du deuxième appareil.

Si l'on parle dans le téléphone en communication avec le gros fil inducteur, la bobine fonctionne comme avec une pile bien que les courants soient alternativement inversés, et j'ai cru remarquer qu'il se produisait des décharges très-faibles à l'extrémité du fil induit, en les mettant en contact avec la langue au moyen de deux fils de cuivre fin.

Si, au contraire, on parle dans le téléphone en communication avec le petit fil induit, on reproduit une expérience analogue à celle de M. Bichat.

Pour rendre les sons transmis par les téléphones plus facilement perceptibles, il faut autant que possible que les plaques vibrent à l'unisson des sons émis : c'est ce qui explique pourquoi l'on entend beaucoup mieux les voix de femmes et d'enfants avec des plaques vibrantes de 3 à 5 centimètres de

diamètre et les voix d'hommes avec des plaques de 6 à 8 centimètres de diamètre.

Si l'on chante la gamme dans un téléphone à large plaque vibrante, les premières notes en bas seront facilement perçues, tandis que les notes plus élevées le seront moins distinctement; si la plaque vibrante est d'un petit diamètre, le contraire aura lieu, les notes les plus élevées seront plus nettement entendues.

A l'extrémité d'une ligne, on peut disposer deux téléphones en double circuit, et chose remarquable, si l'on parle ou si l'on chante simultanément dans les deux appareils, on entend distinctement les deux voix *dans un seul téléphone* à l'autre extrémité de la ligne.

D'après ces faits, il y aurait lieu de rechercher si, en disposant deux ou trois téléphones de timbres différents, au fond d'une caisse formant une espèce de cornet acoustique, on n'obtiendrait pas des sons plus intenses et surtout plus distincts.

(*Les Mondes.*)

Expériences faites en Angleterre. — Le 21 décembre, M. Preece, qui a introduit le premier le nouveau téléphone de Bell en Angleterre, a fait à Londres un conférence sur le téléphone et ses applications à l'armée et à la marine. Voici sa conclusion : « Le téléphone articulant est un appareil extrêmement délicat : il est influencé par tous les courants parasites si nombreux qui circulent sur les fils et qui sont dus à l'électricité atmosphérique, aux courants de terre, à l'influence des fils voisins. Aussi sur les lignes télégraphiques existantes, sauf sur celles de petite longueur, l'emploi du téléphone n'a été trouvé ni avantageux ni même pratique; mais sur les lignes courtes et dont l'isolement est indépendant, telles que les lignes de campagne, il peut rendre de grands services. — Dans les mines, il fonctionne admirablement, car il est à l'abri des bruits extérieurs, et l'audition est facilitée par le silence qui y règne, en sorte qu'il n'est pas nécessaire de mettre l'instrument à l'oreille. Mais, dans les autres cas, il convient non-seulement d'appliquer le téléphone contre l'oreille, mais même d'employer deux instruments, un pour chaque oreille.

L'addition d'un stéthoscope biaural facilite encore l'audition. Reste à savoir comment l'instrument se comportera au milieu des décharges d'artillerie et dn bruit de la bataille. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'il transmet à une distance bien plus grande que la portée de l'oreille et de la vue les mots de commandement, les tons de la voix, et qu'on distingue sans s'y tromper la voix du général et celle du soldat. Un instrument de ce genre peut être très-précieux dans les opérations militaires.

« Comment sera-t-il utilisé par la marine : il permet de porter la voix partout où peut aboutir un fil. Il permettra de relier le pont au gouvernail, la tourelle à la machine, la vigie à l'officier de quart. Il sera très-utile pour les sondages et les opérations de torpilles.

« Le téléphone est à l'état d'embryon : le temps fera découvrir ses applications. »

M. Blyth a trouvé que l'on pouvait encore recevoir des sons dans un téléphone quand on enlevait la membrane de fer pour lui substituer un disque de cuivre, de bois, de papier ou de caoutchouc; mais les sons reçus sont beaucoup plus faibles qu'avec le téléphone ordinaire. On peut aussi, dans le téléphone transmetteur, substituer à la plaque de fer un disque de substance non conductrice; mais il faut alors recevoir avec nn téléphone ordinaire. On n'entend aucun son quand on n'emploie aucun disque. L'action du disque de cuivre dans le téléphone récepteur se comprend, en supposant que l'attraction se fait entre les courants qui circulent dans la bobine et ceux qu'ils induisent dans le disque. M. Blyth trouve en effet qu'en supprimant l'aimant, le son donné par le disque de cuivre n'est pas beaucoup affaibli. Le disque de caoutchouc ne doit pas être tendu, mais simplement posé sur le pôle de l'aimant et pressé contre l'oreille. Ces résultats ont été annoncés par le professeur Tait, au nom de M. Blyth, à la Société royale d'Édimbourg.

Dans un mémoire lu à la Société royale asiatique du Bengale, M. Brough remarque que les plus forts courants engendrés par le téléphone Bell ne dépassent pas un cent-millionième de

l'unité d'intensité (centimètre, gramme, seconde). Les relais télégraphiques dans les Indes exigent pour fonctionner un courant 400.000 fois plus fort.

Le 14 janvier, M. Graham Bell a eu l'honneur de faire fonctionner le téléphone devant la reine d'Angleterre, au château d'Osborne. Le château étant relié à Southampton, on a entendu le clairon sonnant la retraite dans cette dernière ville sans qu'il fût nécessaire d'avoir l'oreille contre l'appareil. La communication fut établie avec Londres, et M. Bell transmit les sons de son orgue téléphonique.

Une ligne de 3/4 de mille avait été établie dans le parc pour les essais de conversation.

Suivant le professeur Mckendrick, de Glasgow, le même téléphone récepteur peut permettre d'entendre à plusieurs personnes, en fixant le disque de métal à une membrane mince placée sur une petite cavité pleine d'air, comme une capsule de Kœnig, et réunissant à cette cavité un certain nombre de tubes flexibles : une oreille placée à l'extrémité de chaque tube entend distinctement.

L'expérience suivante du Dr Guthrie met en évidence l'action du téléphone : deux bobines de fil identiques sont placées l'une à l'extrémité d'un barreau aimanté, l'une autour d'un noyau de fer doux. Un disque mince de 3 pouces de diamètre est suspendu de façon à toucher presque un des bouts de ce noyau : chaque fois qu'un disque semblable est amené, à intervelles réguliers, devant le pôle de l'aimant muni de la bobine, le premier disque se met en mouvement; et son oscillation peut être accrue facilement en donnant une cadence convenable au mouvement du disque inducteur.

(*Telegraphic Journal.*)

Expériences faites en Allemagne. — Dans le *Journal télégraphique international*, le Dr Zetzsche rend compte d'expériences faites à Dresde. Les premiers essais ont eu lieu les 23 et 24 novembre sur un *câble souterrain* de 5 kilomètres à un seul conducteur et enfoui isolément. La correspondance s'ef-

fectua sans obstacle, même en intercalant une resistance de 1.000 unités Siemens.

Le 4 décembre, une expérience fut faite sur une *ligne aérienne* de 3^k,7 reliant deux gares de Dresde. On distingua les paroles, bien qu'on reçût les transmissions échangées par les fils placées sur les mêmes poteaux. L'essai réussit aussi en intercalant un relais Morse aux deux extrémités de la ligne, et le Dr Zetzsche se crut dès lors fondé à recommander l'emploi du téléphone comme *appareil de correspondance transportable pour le service des chemins de fer.* Un train muni de cet appareil pourrait servir, en cas d'accidents, pour se mettre promptemeut en communication avec la station la plus rapprochée.

Le 6 décembre, une communication téléphonique fut établie sur la ligne du chemin de fer de Dresde à Chemnitz (80^k). A ce moment la correspondance était très-active sur les divers fils de la ligne (fils de l'État, fils des chemins de fer, fils des appareils à signaux du block-system) : on reconnaissait les signaux Morse, les courants courts de l'appareil Hughes, les courants inversés des inducteurs magnétiques du block-system; les sons de la voix se distinguaient néanmoins. Mais en coupant la ligne en deux longueurs à peu près égales, à Freiberg, on communiqua très-bien de Dresde à Freiberg (40^k) et de Freiberg à Chemnitz. On n'essaya pas cependant la translation d'une ligne de téléphone à l'autre, bien qu'on se fût déjà assuré, par une expérience en petit, de la *possibilité d'opérer cette translation en appliquant directement les téléphones l'un contre l'autre et en continuant même à faire usage des deux plaques vibrantes.*

En écartant les bruits extérieurs, on a pu correspondre le 10 décembre entre Dresde et Chemnitz (80^k).

Les expériences tendent à prouver que ce ne sont pas les résistances, mais bien les dérivations de courants qui opposent de si grands obstacles à la correspondance téléphonique sur les grandes lignes aériennes. Ainsi, alors qu'on ne pouvait pas correspondre entre Leipzig et Dresde par Riesa (115^k), on a pu correspondre entre Dresde et Chemnitz, même quand on reliait à cette ligne de 80 kilomètres une ligne de Chemnitz à Leipzig (87^k), ce qui portait la résistance du circuit à 167 kilomètres.

Ayant réussi à correspondre entre Leipzig et Dresde par Riesa, on isola la ligne à Leipzig, et Dresde et Riesa purent encore s'entendre. Puis on isola la ligne à la fois à Leipzig et à Dresde : les stations intermédiaires de Wurzen (25k de Leipzig) et de Riesa (49k de Dresde) purent encore correspondre; mais Riesa entendait mieux que Wurzen. Les dérivations à la terre par les poteaux entrs Riesa et Dresde étant environ deux fois plus nombreuses que celles entre Wurzen et Leipzig, puisque la première distance est à peu près double de la seconde, on peut conclure que c'est par les dérivations qu'on peut expliquer non-seulement la possibilité de correspondre sur une ligne isolée, mais la perception plus distincte des sons à la station de Riesa.

Les dérivations de courant d'un fil à l'autre, par les isolateurs ou l'air humide, et l'induction mutuelle des fils expliquent que les signaux Morse émis sur les fils parallèles à la ligne téléphonique se font entendre sur cette dernière. Quant aux sons propagés mécaniquement dans le fil, on devra les entendre même en établissant une dérivation sans résistance, mettant la bobine du téléphone hors du circuit, et en supprimant la communication du téléphone récepteur avec la terre.

La correspondance par téléphone, entre Leipzig et Dresde, a permis de vérifier de nouveau que c'est bien par les courants électriques et non par la propagation purement mécanique des sons que les mots se reproduisent à la station de réception. La vitesse de propagation des ondes longitudinales dans le fer étant d'environ 5 kilomètres par seconde, le son devrait parcourir la distance de Leipzig à Dresde en $\frac{115}{5} = 23$ secondes. Il devrait s'écouler autant de secondes pour l'arrivée de la réponse : donc un intervalle de plus de 3/4 de minute aurait dû intervenir à chaque changement de direction de la correspondance, ce qui n'était pas.

M. Zetzsche pense qu'on pourrait *combiner la téléphonie avec la télégraphie Morse*, par la simple intercalation des appareils respectifs l'un contre l'autre, à la seule condition d'empêcher l'interruption de la ligne pendant la transmission télégraphique, résultat facile à obtenir en produisant les signaux

Morse par un simple renforcement ou affaiblissement de courant.

Avertisseurs téléphoniques. — Le téléphone est en général muni d'un petit appareil électro-magnétique faisant fonctionner une sonnerie pour appeler l'attention du correspondant. On s'est préoccupé de trouver un moyen plus simple de prévenir qu'on va parler dans le téléphone.

M. Röntgen transmet par le téléphone même les vibrations d'un diapason qui fait vibrer à l'arrivée un diapason à l'unisson avec le premier. Il suffit pour celà d'ajouter au téléphone ordinaire une seconde bobine, entourant le pôle de l'aimant opposé à celui devant lequel vibre la membrane, et de faire vibrer une des branches du diapason en regard de ce pôle.

Les deux bobines sont placées dans le circuit du fil de ligne : l'une sert à transmettre la voix, l'autre à transmettre les vibrations du diapason. Si l'on fait vibrer le diapason, ses vibrations, comme celles de la plaque, font naître dans la bobine des courants induits, lesquels mettent en vibration le diapason placé à l'arrivée. On a fait des expériences avec un diapason ut_4 faisant 12.000 vibrations par seconde : l'essai a réussi, ce qui prouve que des variations de magnétisme peuvent être engendrées par des variations de force au nombre de 24.000 par seconde. (*Telegraphic Journal.*)

M. Tœpler, de Dresde, a fait des essais analogues avec deux diapasons à l'unisson, ayant chacun une de leurs branches placée devant un téléphone ordinaire dont on avait enlevé la plaque de fer. En faisant vibrer l'un des diapasons avec un archet, les vibrations de l'autre diapason placé sur une caisse de résonnance pouvaient être entendus de toute la salle.

M. Tœpler a aussi employé des diapasons aimantés, en mettant un noyau de fer doux dans la bobine : puis il a supprimé ce noyau et l'a remplacé par de petits cylindres de fer doux fixés à l'une des branches des diapasons et pouvant pénétrer dans la bobine. Enfin il a mesuré avec un électro-dynamomètre l'intensité des courants contraires émis par un diapason aimanté, faisant 500 vibrations par seconde, et entre les branches duquel était placée la bobine de fil entourant le

noyau de fer. En faisant vibrer avec un archet, la force électromotrice des courants périodiques ainsi produits variait entre ±5,1 Daniell. Les effets sur un diapason à l'unisson muni d'une bobine placée de la même manière, étaient équivalents à ceux d'un courant intermittent dans le même circuit de 10 éléments Daniell. On peut obtenir des courants de *même sens*, en supprimant les courants dirigés dans l'un des deux sens. Ces courants produisant des effets physiologiques prononcés, ces diapasons pourraient avoir des applications comme générateurs d'induction.

MM. Weinhold d'une part, Siemens et Halske d'autre part, ont imaginé aussi des avertisseurs téléphoniques. Le générateur du son est un timbre d'acier de 13 à 14 centimètres de diamètre, faisant 420 vibrations doubles par seconde. Ce timbre, qui a son orifice en bas, est fixé par son milieu sur un support. Un barreau aimanté, muni à ses extrémités de deux appendices de fer doux entourés de bobines, traverse ce support, et est placé à l'intérieur du timbre suivant un diamètre et de telle sorte que ses appendices touchent presque les parois. On fait vibrer le timbre à l'aide d'un battant à ressort (analogue à celui des timbres de table), lequel frappe le timbre à 90° de ce diamètre. Les vibrations du timbre envoient des courants dans la bobine, lesquels font vibrer la membrane du téléphone récepteur, et on l'amplifie ces dernières à l'aide d'un résonnateur conique.

Il est à remarquer que l'on obtient des variations magnétiques plus intenses quand les barreaux aimantés sont munis d'appendices de fer doux sur lesquels on a enroulé le fil, que quand les bobines sont placées directement sur les aimants eux-mêmes. De là l'emploi de ces appendices dans les téléphones.

(*Journal international de Berne.*)

Téléphone à membranes multiples de M. Trouvé. — M. Trouvé se propose de renforcer les courants téléphoniques de façon à pouvoir communiquer à la même distance que le télégraphe ordinaire.

Il substitue à la membrane unique du téléphone de M. Bell une chambre cubique, dont chaque face, à l'exception d'une,

est constituée par une membrane vibrante. Chacune de ces membranes mises en vibration par le même son, influence un aimant fixe, également muni d'un circuit électrique. De cette sorte, en associant tous les courants engendrés par ces aimants, on obtient une intensité unique qui croît proportionnellement au nombre des aimants influencés. On peut remplacer le cube par un polyèdre dont les faces seront formées d'un nombre infini de membranes vibrantes, afin d'obtenir l'intensité voulue.

Supposons maintenant une ligne établie, sur laquelle nous disposons un téléphone semblable à celui que nous venons de décrire, et divisons les membranes et les aimants en deux séries, dont les efforts sont totalisés en deux parties différentes, c'est-à-dire que les circuits des aimants soient réunis par moitié, de manière que, lorsqu'on prononcera une note sur un pareil système placé sur une ligne télégraphique, cette note envoie des courants sur le même fil en sens différent.

On conçoit dès lors que, si une dépêche est envoyée et reçue par l'employé correspondant, cet employé, pour la transmettre, n'a qu'à prononcer la même note et les mêmes phrases; mais, en même temps qu'elle est envoyée au poste suivant, elle est également retournée comme contrôle au poste de départ, par suite de la disposition de nos deux séries. On a ainsi le contrôle le plus efficace qu'on puisse désirer.

Un simple commutateur permet de faire agir la totalité des efforts du manipulateur sur une seule membrane du récepteur.

Téléphone à bon marché. — M. le professeur Barrett, dans une leçon récente sur le téléphone, indique un moyen de le construire à très-bon marché : prenez une boîte en bois, percée sur le devant et au fond d'une ouverture grande comme un sou ; prenez un disque de fer-blanc, tel que vous pouvez l'obtenir d'une boîte de conserves; placez-le à l'extérieur du fond de la boîte et fermez-la par son couvercle sur son autre face. Prenez alors un petit barreau aimanté; placez à l'une de ses extrémités une petite armature recouverte de coton ou de soie, et entourez cette armature de quelques tours de fil de fer; fixez une des extrémités du barreau aussi près que possible du disque de fer-blanc sans le toucher; vous aurez ainsi réalisé la

moitié du téléphone. Une disposition semblable constituera l'autre moitié, et, en réunissant les deux moitiés par des fils, vous pourrez ainsi converser à une distance de 200 mètres (*nature anglaise*).

(*Les Mondes.*)

Téléphones à courants de piles. — La faiblesse des courants produits dans le téléphone Bell a conduit à essayer de faire vibrer la membrane du récepteur à l'aide de variations de courant produites par des variations de résistance engendrées dans un circuit de pile par les vibrations du départ. On sait que M. Edison a employé dans ce but un crayon de plombagine appuyant sur une membrane métallique faisant avec lui partie du circuit. Les vibrations de cette plaque amènent des variations dans la pression qu'elle exerce sur la plombagine et, par suite, des variations dans la résistance, qui se traduisent au récepteur ordinaire de Bell avec une intensité qui peut être augmentée à volonté.

MM. Garnier et Pollard, ingénieurs de la marine, ont répété ces expériences.

M. Salet a constitué un téléphone fondé sur les variations de conductibilité au contact, entre un morceau de graphite et une ou plusieurs pointes mousses métalliques. Il a expérimenté aussi le charbon de cornue (crayon de lumière électrique). En faisant communiquer le charbon de cornue par un large contact avec la membrane vibrante, il a obtenu des variations de courant plus considérables qu'avec les graphites. Mais cette augmentation d'intensité se fait aux dépens du timbre, et le son est noyé dans une espèce de grésillement.

M. Antoine Bréguet a essayé différents charbons; il a employé aussi diverses substances métalliques dépolies. Il attribue la variation de résistance, non à des différences de pression, mais plutôt à des différences dans le contact, celui-ci se faisant par plus ou moins de points avec la plaque vibrante.

Phonographe parlant de M. Edison. — Cet appareil se compose de deux parties distinctes : l'une est destinée à enregistrer les vibrations de la voix, l'autre à reproduire la voix à l'aide de ces inscriptions.

1° *Appareil enregistreur.* — Un diaphragme de métal est placé de telle sorte qu'il puisse vibrer par l'effet de la voix. Une pointe également en métal est fixée à ce diaphragme. Son extrémité libre s'appuie sur un cylindre en cuivre sur lequel on a fixé une bande d'étain. On donne au cylindre un mouvement hélicoïdal régulier. Ce cylindre porte sous la feuille d'étain une spirale en creux d'un pas égal à celui de la vis qui le fait tourner; la pointe, pendant le mouvement, est toujours placée devant la spirale. La plaque de métal vibrant comme la voix, sa vibration se transmet à la pointe qui, appuyant sur la feuille d'étain dans les parties où elle n'est pas soutenue par le cylindre à cause de la rainure, produit des gaufrages qui correspondent aux sons qui les ont formés. L'appareil permet donc d'écrire les sons : c'est un phonographe. Les signes pourraient être déchiffrés; mais on obtient automatiquement la traduction des paroles écrites à l'aide de la seconde partie de l'appareil qui reproduit les sons générateurs des signaux enregistrés.

2° *Appareil reproducteur de la voix.* — Ce n'est autre chose que l'appareil enregistreur fonctionnant en sens inverse; c'est-à-dire qu'il se compose d'une seconde pointe, appuyant sur le cylindre et d'un diaphragme. La pointe, attachée au diaphragme et obligée de suivre les traces formées par la première pointe sur l'étain, communique les vibrations qu'elle reçoit au diaphragme, lequel vibre dès lors comme le premier et reproduit la voix de la personne qui a engendré les traces portées sur le cylindre. La seconde partie de l'appareil effectue donc la synthèse des sons que la première avait analysés.

Il est évident que, pour reproduire la hauteur même des sons que le cylindre a enregistrés, il faut imprimer au cylindre tournant une vitesse de rotation égale à celle qu'il possédait quand il a servi à enregistrer les sons : sans quoi la voix que l'on entendrait pourrait être plus aigüe ou plus grave que la voix enregistrée, selon que le cylindre tournerait plus vite ou moins vite que pendant l'inscription. La voix haute d'un enfant pourrait devenir la voix basse d'un homme, et *vice versa*.

Dans l'application, une personne parle tandis que le cylindre tourne avec une vitesse V; à la fin de son discours, elle envoie la bande d'étain au correspondant qui la place sur un cylindre

identique au premier, le fait tourner avec la vitesse V, et entend alors distinctement les sons tels qu'ils ont été émis par l'expéditeur de la bande.

On pourra, par ce moyen, conserver la voix d'une personne tant que durera le métal sur lequel ses vibrations ont été gravées.

(*Scientific American.*)

Nous pouvons ajouter que depuis un an, MM. Marcel Deprez et Napoli ont entrepris en France des recherches analogues à celles de M. Edison sur l'enregistrement et la reproduction de la voix. Ils ont déjà obtenu des résultats importants qu'ils n'ont pas voulu publier avant d'avoir complétement achevé l'étude de leur sujet.

Télégraphie sans fils par les courants atmosphériques.

Le professeur Loomis, de Yab College, en Amérique, a essayé récemment d'utiliser les courants supérieurs de l'atmosphère pour transporter les pulsations électriques. A cet effet il a lancé deux cerfs-volants dont la corde était remplacée par des fils de cuivre flexibles. Quand ces cerfs-volants furent arrivés à une très-grande hauteur, il put constater que les signaux envoyés dans l'un des fils étaient transmis à l'autre par l'intermédiaire des courants aériens.

Le professeur Loomis avait choisi pour faire ses expériences la West Virgina, pays très-montagneux, où les courants qui règnent dans les plus hautes altitudes présentent une grande constance. Il a parfaitement réussi et il a pu communiquer entre deux points situés à 16 kilomètres l'un de l'autre.

Nécrologie.

M. Ruhmkorff.

M. le secrétaire perpétuel communique à l'Académie une lettre par laquelle les membres de la famille Ruhmkorff l'informent de la perte douloureuse qu'ils viennent de faire dans la personne de M. Ruhmkorff.

M. Dumas se fait l'interprète des sentiments de regrets que cette perte inspirera aux physiciens et à tous ceux qui s'intéressent aux progrès des sciences. Le puissant appareil d'induction construit par M. Ruhmkorff est maintenant employé dans le monde entier; il a permis d'obtenir, dans les applications de l'électricité, des résultats qu'aucun appareil connu auparavant n'aurait permis de réaliser. Pour les services qu'il a rendus à la science, M. Ruhmkorff a obtenu le grand prix de 50.000 francs, destiné à récompenser l'auteur des plus remarquables applications de la pile de Volta. Mais ce qui lui donne des droits particuliers au souvenir et à la reconnaissance des hommes de science, c'est la parfaite libéralité avec laquelle il n'a jamais cessé de mettre à leur disposition, pour les recherches originales, les conseils de sa longue expérience et les ressources exceptionnelles réunies dans ses ateliers.

(*Comptes rendus* du 24 décembre 1877.)

M. A. C. Becquerel.

M. Becquerel, doyen de la section de physique de l'Académie des sciences, professeur au Muséum, est décédé le 18 janvier. Les travaux nombreux de M. Becquerel ont été analysés dans les discours de MM. Fizeau et Daubrée, dont nous reproduisons les passages les plus intéressants :

« Né à Châtillon-sur-Loing (Loiret), le 7 mars 1788, M. Becquerel (Antoine-César) a commencé sa carrière en servant vaillamment son pays sur les champs de bataille. Sorti de l'École polytechnique en 1808, en qualité d'officier du génie, il fut appelé à prendre une part active aux luttes de cette époque mémorable, assista au siége de sept places fortes, com-

manda une colonne d'attaque à la prise de Tarragone, et ne manqua pas de lutter contre l'étranger pendant la campagne de 1814; à la fin de la guerre, il était décoré de la Légion d'honneur et chef de bataillon du génie. C'est à cette époque qu'il résolut de quitter le service militaire, pour se livrer entièrement à la culture des sciences physiques, vers lesquelles il se sentait attiré, comme s'il pressentait déjà les découvertes qu'il devait y faire et l'illustration qu'il devait y acquérir.

« Essayons de rappeler ici, en quelques mots, les progrès les plus importants parmi ceux dont la physique est redevable à M. Becquerel : leur nouveauté et leur originalité premières ne manqueront pas de frapper encore, et ne paraîtront pas effacées par les développements et les découvertes nouvelles, dont ces premiers progrès ont été le plus souvent l'origine et le point de départ.

« Le monde savant était encore incertain sur la cause des courants électriques qui prennent naissance dans la pile de Volta, lorsque M. Becquerel découvrit et fit connaître, dans plusieurs mémoires successifs, un ensemble de faits de nature à fixer définitivement l'opinion des physiciens sur ce sujet. De nombreuses expériences démontrèrent en effet que, dans le contact de deux métaux, il n'y avait d'électricité dégagée qu'autant qu'il y avait action chimique, frottement ou différence de température, et aussi, d'autre part, qu'il y avait dégagement d'électricité dans toutes les actions chimiques, et en particulier dans l'action des acides sur les métaux, l'électricité négative se portant alors sur le métal et l'électricité positive sur l'acide.

« Si la théorie de la pile électrique doit beaucoup à M. Becquerel, la construction des piles perfectionnées, que la science et l'industrie emploient aujourd'hui, ne lui est pas moins redevable. C'est dans son laboratoire que l'on voit apparaître, pour la première fois, ces piles cloisonnées à deux liquides, aujourd'hui variées à l'infini et au moyen desquelles le courant électrique a été enfin soumis à une constance et à une régularité d'action jusque-là inconnues.

« Considérant, à leur tour, les effets chimiques produits par l'action des courants électriques, même les plus faibles, M. Becquerel a réuni sous le nom d'*électro-chimie* un ensemble

de phénomènes nouveaux extrêmement variés, et dignes d'intéresser à la fois le physicien, le chimiste et le géologue. En effet, qui n'a pas admiré ces expériences élégantes, faites avec de petits éléments de piles à actions lentes et constantes, par lesquelles les diverses substances sont décomposées, combinées, transportées, prennent diverses formes de cristaux, semblables à ceux de la nature, ou donnent lieu à des colorations brillantes utilisées dans l'industrie?

« Il convient de citer encore plusieurs applications hardies de ces phénomènes électro-chimiques au traitement en grand des minerais d'argent, de cuivre, de plomb, ainsi qu'à l'extraction des sels de potasse des eaux mères des salines.

« C'est à la suite de tous ces travaux que la Société royale de Londres décerna, en 1837, à M. Becquerel, la médaille de Copley. Déjà il avait été élu membre de l'Académie des sciences, en 1829.

« S'attachant ensuite à l'étude des phénomènes thermo-électriques, avec la même sagacité et la même persévérance dont il avait déjà donné tant de preuves, M. Becquerel fut conduit, par cette étude, à une idée particulièrement neuve et originale : je veux parler de l'invention du thermomètre électrique. On sait qu'au moyen de cet instrument il est devenu possible de déterminer, à distance, la température des parties intérieures des animaux et des végétaux sans produire de lésions sensibles, ainsi que la température de l'intérieur de la terre à de grandes profondeurs, ou celle de l'atmosphère à des hauteurs où la lecture régulière du thermomètre ordinaire n'est plus possible.

« Ajoutons encore que deux autres instruments bien connus des physiciens, la balance électro-magnétique et le galvanomètre différentiel, doivent être rapportés au génie inventif de M. Becquerel.

« Rappelons enfin ces travaux si étendus de notre confrère sur la météorologie, sur le climat propre aux forêts, sur les orages à grêle, sur l'assainissement de la Sologne, et, dans ces dernières années, ses recherches si persévérantes sur certains phénomènes électriques fort curieux, mais encore peu connus, qui prennent naissance dans les espaces capillaires.

« M. Becquerel a publié ses travaux et exposé ses décou-

vertes dans plusieurs ouvrages bien connus du monde savant, notamment dans son grand *traité d'électricité et de magnétisme*, ainsi que dans un grand nombre de mémoires insérés dans les principaux Recueils scientifiques, et surtout dans les *Annales de chimie et de physique* et dans les *Mémoires de l'Académie.* » (*Discours de M. Fizeau.*)

. . . .

« Dans un autre travail, M. Becquerel montre que la propriété de devenir électrique par la simple pression, propriété que Haüy avait reconnue dans le spath d'Islande et dans quelques autres minéraux, n'est pas restreinte à un petit nombre de substances, comme le supposait le célèbre minéralogiste, mais qu'elle appartient à tous les corps, pourvu qu'ils restent isolés. C'était une généralisation importante, que l'auteur devait faire suivre d'autres déductions d'un ordre non moins élevé, relativement à l'unité d'origine de l'électricité, de la lumière et de la chaleur. Son étude sur les conditions dans lesquelles la tourmaline manifeste la polarité électrique, selon que la température augmente, décroît ou reste stationnaire, est également devenue classique. » (*Discours de M. Daubrée.*)

M. V. Regnault.

M. V. Regnault, membre de l'Institut, ingénieur en chef des Mines, ancien professeur de chimie à l'École polytechnique, professeur de physique au Collége de France, directeur de la manufacture de Sèvres, est décédé le 19 janvier, jour anniversaire de la mort de son fils, le peintre Henri Regnault, tué à Buzenval.

Des discours ont été prononcés à ses funérailles par M. Debray, au nom de la section de chimie de l'Institut; par M. Jamin, au nom de la section de physique et de l'École polytechnique; par M. Daubrée, au nom du corps des Mines; par M. Laboulaye, au nom du Collége de France.

M. Debray a rappelé les travaux de chimie de M. Regnault, travaux qui lui ont valu l'honneur d'être appelé à l'Académie dès 1840, à l'âge de trente ans. « Ses travaux de chimie méritaient l'honneur que leur faisait l'Académie; de plus ils faisaient concevoir de hautes espérances qui ont été dépassées.

Retranchés cependant de l'œuvre scientifique de notre savant confrère, ils diminueraient de bien peu sa réputation : c'est qu'ils n'occupent, dans cette vie si bien remplie, qu'une place relativement restreinte. A partir de 1840, les recherches de physique l'absorbent presque entièrement; c'est à cette époque que commence l'édification du monument de sa gloire, de cet immense ensemble de travaux qui se rattachent à l'étude de la chaleur. Cette œuvre a été poursuivie durant trente années avec un tel éclat, que sa renommée de chimiste s'en est trouvée par là même amoindrie. »

Les grands travaux de physique de M. Regnault ont été appréciés par M. Jamin, dans les termes suivants :

« Il y a des hommes dont l'esprit est assez vaste pour embrasser plusieurs sciences à la fois, et qui pourraient, avec la même convenance, appartenir à plusieurs classes d'une même Académie. Regnault fut l'un de ces hommes privilégiés : outre qu'il était une des lumières de la chimie, la physique le réclame comme une de ses gloires, et la section à laquelle j'appartiens revendique comme un droit et comme un devoir l'honneur de rappeler ici tout ce qu'elle doit à Victor Regnault.

. . . .

« Regnault laisse un monument impérissable; toutes les grandes questions expérimentales relatives à la chaleur étudiées, toutes les lois empiriques des forces élastiques, des chaleurs latentes trouvées, tous les coefficients numériques mesurés, avec une telle perfection que la critique la plus sévère n'y trouve rien à reprendre, et que la pensée de recommencer ces travaux immenses ne peut venir à aucun esprit, tant la conviction est profonde. Ce sont les fondements de la chaleur bâtis avec une solidité qui défie l'épreuve du temps. Là s'arrêtent le rôle et l'œuvre de Regnault; il n'y a que des nombres, que des coefficients mesurés, que des lois empiriques, il n'y a rien qui ressemble à une théorie.

« Mais, au moment précis où ces fondations de l'édifice étaient terminées, une conception hardie sur la nature de la chaleur éclôt subitement, presque en même temps, dans l'esprit de quelques hommes de génie. On démontre que la chaleur en-

fermée dans les corps n'est qu'une force vive emmagasinée et qu'elle résulte d'un mouvement moléculaire intestin. Aussitôt émise, cette idée se répand, l'analyse mathématique s'en empare et la précise. En quelques années, la théorie mécanique est fondée. Regnault n'a pris qu'une faible part à cet épanouissement des idées nouvelles, étant de ceux qui s'arrêtent à la limite précise où l'expérience finit. Mais c'est dans ses travaux que la théorie nouvelle a puisé à pleines mains tous ses arguments; elle est le couronnement de son édifice, et il semble qu'en cela la marche scientifique ait été dirigée par une logique providentielle qui a d'abord recueilli et classé tous les faits pour en chercher ensuite les causes. Or ce classement, ces mesures, ces fondations sont l'œuvre de Regnault; il y a peu d'hommes qui aient laissé derrière eux une trace aussi profonde et bâti un monument aussi glorieux. »

BULLETIN ADMINISTRATIF.

Service télégraphique du Sénégal.

(Extrait d'un Rapport de M de Chauvillerain, chef de service.)

Saint-Louis, 18 novembre 1877. — La ligne de Podor a très-bien fonctionné pendant cet hivernage et l'inondation qui règne encore dans les environs de Podor n'a pas causé d'interruption.

Les travaux projetés pour 1878 sont les suivants : 1° Continuer les réparations considérables de la ligne de Saint-Louis à Dakar, commencées en 1875. 2° Modifier quelques sections de la ligne de Saint-Louis à Dagana, qu'il faut reporter un peu à droite ou à gauche de la direction actuelle, où elles se trouvent placées dans le fond de cuvettes qui se remplissent d'eau pendant l'hivernage. Ce travail, déjà signalé comme nécessaire, est devenu indispensable par suite de l'importance que prend cette ligne. 3° Reconnaître le terrain entre Podor et Saldé pour savoir s'il est possible de relier ces deux postes par une ligne placée dans les arbres et établir un devis des dépenses pour la construction.

Les réparations de la ligne de Dagana devront être faites en janvier, afin de trouver la terre du Oualo encore assez humide pour y creuser facilement des trous. Je me propose donc d'exécuter en décembre les réparations de la ligne de Dakar, de partir vers le 15 janvier pour Podor où j'arriverai le 15 février, et de continuer de Podor à Saldé de manière à rentrer à Saint-Louis vers le 15 mars avant les grandes chaleurs dans le haut du fleuve.

En remontant le cours du Sénégal au-dessus de Saldé, on trouve les postes de Matam et Bakel, et enfin le fort de Médine qui est le point le plus éloigné dans l'est de nos possessions. Bakel et Matam sont également très-importants au point de vue de l'occupation militaire et du commerce des gommes. Les communications étant très-difficiles avec ces postes dans

la saison des basses eaux, il est probable qu'on songera à les relier par une ligne télégraphique avec le chef-lieu dès que les circonstances le permettront. Dans l'état actuel, les deux rives du fleuve ne nous sont pas soumises, et les avisos qui remontent à Médine sont quelquefois obligés de mettre des plaques de blindage pour ne pas recevoir des balles sur le pont.

La rive gauche, à partir d'Aeré, est habitée par des nègres très-sauvages, les Toucouleurs. La rive droite est habitée par les Maures : nos voisins, les Trarza, sont en assez bonnes relations avec nous, les Brackna un peu moins, et les tribus à partir de Podor sont sans cesse en mouvement et détachent des bandes de pillards dans toutes les directions. Aussi je compte demander une quinzaine de cavaliers des goums de Podor pour être en mesure de faire respecter mon petit convoi quand nous opérerons dans l'île à Morphil.

Acte de probité.

Le facteur *Combé*, du bureau de la Bourse, à Paris, a trouvé dans la matinée du 1er janvier, sur l'un des pupitres de la salle d'attente, sans aucune indication du nom du propriétaire, un rouleau abandonné contenant pour 25 à 30,000 fr. d'actions et d'obligations au porteur et pour 7 à 800 francs de coupons échus.

Ces valeurs ont été déposées le même jour chez le commissaire de police du quartier, et ce n'est que le lendemain que le propriétaire, M. Decourt, 10, rue de Louvois, employé chez M. Allart, agent de change, s'est présenté au bureau pour demander si on les avait trouvées.

Cet acte de probité n'est, du reste, pas le seul à porter au compte du facteur Combé; récemment, en ramassant des déchets de papier, cet agent a trouvé à terre, dans la salle d'attente, une lettre contenant deux billets de banque de 100 francs que le propriétaire, auquel elle a été rendue, n'est venu réclamer que deux heures plus tard.

Le Gérant : Dunod. — Imprimerie Arnous de Rivière, 26, rue Racine.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1878 Mars-Avril.

LE DISCOURS DE M. CH. WILLIAM SIEMENS A LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS DES TÉLÉGRAPHES

(Londres, 23 janvier 1878).

La Société des ingénieurs des télégraphes, fondée en 1871, a été présidée successivement par M. Charles William Siemens, M. Frank Ives Scudamore, Sir William Thomson, M. Latimer Clark, M. Walker et le professeur Abel. Le docteur William Siemens, réélu président pour l'année 1878, a prononcé, le 23 janvier 1878, son discours d'installation que nous analysons en le reproduisant à peu près *in extenso*.

Le nombre des membres de la Société s'élève aujourd'hui à près de mille. Six volumes de travaux ont été publiés, et la Société a fait l'acquisition de la bibliothèque

dans laquelle feu Sir Françis Ronalds avait réuni les publications relatives à l'électricité. Cette bibliothèque renferme 6.000 volumes, et le catalogue, qui vient d'en être publié, ne contient pas moins de 13.000 articles.

Le docteur Siemens passe ensuite en revue les progrès techniques de la télégraphie dans ces dernières années.

Télégraphie double et quadruple.

La télégraphie double fut signalée pour la première fois en 1854 par C. A. Nyström, d'Öreboro (Suède), et le docteur Gintl, de Vienne : la même année, Frischen et le docteur Werner Siemens en donnèrent la solution pratique. L'application en fut faite sur une petite échelle en Allemagne, en Hollande (entre Amsterdam et Rotterdam), et en Angleterre par l'orateur lui-même entre Manchester et Bowden. Elle réussit parfaitement; mais à cette époque la télégraphie elle-même n'avait pas pris une extension suffisante pour qu'il y eût lieu de développer ce mode de communication, et la télégraphie double n'a été accueillie avec faveur par les administrations télégraphiques que depuis les travaux de M. Stearns qui, en 1872, appela de nouveau sur elle l'attention du public, et perfectionna la disposition primitive en équilibrant la décharge de la ligne par la décharge d'un système de condensateurs. M. Louis Schwendler a également fait faire un progrès important à la télégraphie double par l'emploi d'une disposition perfectionnée du pont de *Wheatstone* qui permet de régler facilement l'effet du courant compensateur pendant le fonctionnement de l'appareil : ce système est appliqué sur les longues lignes de l'Inde.

La télégraphie quadruple, dont la solution théorique a été donnée en 1855 à la fois par le docteur Stark, de Vienne, et le docteur Bosscha, de Leyde, a été développée par M. Edison, de New-Jersey, États-Unis, et établie depuis peu sur la ligne de New-York à Boston par les soins de M. Prescott, ingénieur de la Western-Union. C'est la combinaison du principe du système *duplex* avec le système, bien connu aussi, qui permet d'obtenir des effets différents par l'emploi de courants de différentes intensités; et l'on conçoit facilement que l'on puisse, par des combinaisons du même genre, mettre en service six ou huit couples d'appareils simultanément et indépendamment sur un seul et même conducteur.

Le succès de ces modes perfectionnés de transmission dépend presque uniquement du bon isolement du fil de ligne et de la stabilité de son état électrique.

Téléphone.

La grande nouveauté du jour, le téléphone, est le résultat des recherches de plusieurs inventeurs.

En 1859, feu Sir Charles Wheatstone imagina un moyen de transmettre à distance les vibrations d'une tige ou d'un diapason, à l'aide d'un circuit électrique comprenant un électro-aimant puissant à chacune des deux stations. En faisant vibrer un des diapasons, on déterminait des courants différentiels qui faisaient vibrer à leur tour le diapason de l'autre station, lequel reproduisait alors la note émise à l'origine. En 1862, Reiss essaya de transmettre les vibrations variables d'une membrane mise en mouvement par les ondes sonores de l'air. Son appareil se composait d'une membrane de parchemin à laquelle était attaché un fil mince de pla-

tine; quand le son faisait vibrer cette membrane, il en résultait une série de contacts, et les courants galvaniques envoyés dans un circuit électrique reproduisaient les sons à la station correspondante par les aimantations et désaimantations successives d'un électro-aimant.

Les courants transmis ainsi étant tous de même intensité, les sons obtenus étaient nécessairement de même amplitude, et ne se distinguaient que par leur hauteur. L'instrument pouvait transmettre des notes simples, mais il ne pouvait pas transmettre la voix humaine avec ses modulations innombrables qui varient en hauteur et en intensité.

M. Edison a remédié à ces défauts du téléphone de Reiss en effectuant les contacts par l'intermédiaire de la plombagine pulvérisée; il a réussi à transmettre des courants électriques dont l'intensité varie en raison de l'amplitude des vibrations de la membrane.

Un autre pas en avant vers la transmission parfaite du son doit être aussi mentionné : c'est le logographe, ou enregistreur de la voix humaine, que M. William Henry Barlow, membre de la Société, a décrit dans un mémoire qu'il a adressé le 23 février 1874 à la Société Royale. En ajoutant un contact au crayon enregistreur de l'instrument de M. Barlow, le message transmis à la station correspondante pourra y être enregistré au moyen soit de signaux graphiques, soit de signaux perceptibles à l'oreille.

L'appareil si simple de M. Graham Bell, de Cambridge, U. S., peut être considéré comme le plus grand progrès qui ait été fait dans cette voie. En se servant d'un diaphragme en fer, et en utilisant la grande découverte de l'induction magnétique de Faraday, M. Bell n'a plus besoin de contacts ni de piles électriques, et les vibra-

tions que la voix communique au diaphragme sont exactement représentées en intensité et en durée par les courants électriques. Il est arrivé ainsi à ce résultat merveilleux de produire dans l'appareil récepteur des vibrations analogues à celles de l'appareil transmetteur et qui, bien que plus faibles que celles-ci, leur ressemblent tellement qu'elles reproduisent la qualité même de la voix qui a fait vibrer le téléphone transmetteur.

Les courants transmis sont si faibles qu'on ne peut observer leur passage sur le galvanomètre le plus délicat, et que l'aiguille magnétique, si légère qu'elle soit, ne peut être déviée par ces impulsions rapides. Pour les rendre visibles à l'œil, il faut avoir recours à un électrodynamomètre extrêmement sensible. On peut déterminer exactement la vitesse de succession de ces courants opposés en transmettant le son d'un diapason très-aigu, et M. Köntgen a conclu de ses expériences que l'on peut transmettre jusqu'à 24.000 courants par seconde. Ce résultat dépasse de beaucoup celui que l'on espérait atteindre en cherchant à augmenter la vitesse de transmission des appareils télégraphiques à l'aide de moyens mécaniques, et il ouvre un nouveau champ d'investigations au génie inventif de l'ingénieur du télégraphe.

Le téléphone est sans doute susceptible de recevoir de grands perfectionnements, et l'on doit se proposer surtout d'augmenter l'amplitude des vibrations du diaphragme de l'appareil récepteur. On cherchera aussi un moyen simple d'enregistrer les signaux perceptibles à l'oreille (M. Edison s'en est déjà occupé), et l'on étudiera les accessoires tels que le rappel par les sonneries et la transmission des ondes sonores à travers les circuits additionnels.

Quand on considère la faiblesse des pulsations élec-

triques et leur grande force électromotrice, il semble probable qu'on parviendra à les transmettre à de très-grandes distances au moyen de conducteurs de dimensions relativement petites, à la seule condition que ces conducteurs ne soient pas influencés par l'induction des courants qui circulent dans les fils voisins; on sait en effet que ce sont ces courants induits qui empêchent le téléphone de fonctionner sur un fil aérien quand d'autres fils sont supportés par les mêmes poteaux, et il faut absolument que l'on trouve une autre manière de placer les conducteurs téléphoniques.

Lignes aériennes.

Les lignes aériennes ont de graves inconvénients. Souvent l'électricité atmosphérique occasionne des dérangements tels que, sur les longues lignes, le travail se trouve interrompu pendant des journées entières, et que les paratonnerres ne suffisent pas toujours à empêcher la détérioration des appareils quand l'électricité atmosphérique se décharge par le fil. En outre, l'induction mutuelle des fils d'une même ligne et les dérivations d'un fil à l'autre par l'intermédiaire des supports gênent continuellement le travail des appareils télégraphiques, et ces difficultés deviennent bien plus sérieuses si, au lieu d'un appareil enregistreur ordinaire, on emploie les systèmes duplex ou quadruplex qui sont bien plus délicats, ou un transmetteur automatique, ou le téléphone.

Il arrive aussi que les lignes sont renversées par les grands vents ou les ouragans de neige; il en résulte que les communications télégraphiques sont interrompues pendant plusieurs jours, ce qui est incompatible avec

l'idée que le télégraphe électrique est devenu une grande institution publique.

Lignes souterraines.

Il n'y a d'autre remède à ces interruptions que l'adoption des lignes souterraines. Ce système, d'abord mis à l'essai en Allemagne sur une assez grande échelle en 1848-1849, a dû être abandonné, et l'on est revenu aux lignes aériennes parce que la fabrication de la gutta-percha était alors bien imparfaite, et qu'on n'avait pas réussi à protéger efficacement le fil de cuivre recouvert de gutta-percha. Depuis, on s'est beaucoup servi de ces fils en Angleterre pour les communications souterraines des villes, et même pour les lignes urbaines aériennes en réunissant en faisceau un certain nombre de conducteurs isolés que l'on suspend à des fils d'acier supportés eux-mêmes au sommet des édifices.

L'administration allemande, sous l'habile direction du docteur Stephan, a adopté, depuis un an ou deux, le système de fils souterrains pour les longues lignes. Un spécimen du câble que l'on voulait employer a été posé en 1876 entre Berlin et Halle, soit sur une distance de 120 milles anglais; l'essai a réussi, et un certain nombre de câbles souterrains ont été posés entre Berlin et Cologne, entre Berlin, Hambourg et Kiel, sur une longueur totale de 600 milles, et d'autres lignes de ce genre sont en cours de construction. Ces câbles comprennent 7 conducteurs distincts, isolés les uns des autres par de la gutta-percha, et entourés d'une armature toute en fer et d'une double couverture extérieure formée de chanvre trempé dans l'asphalte. On a ainsi un câble flexible de $0^m,028$ de diamètre extérieur que l'on enterre le long

des chemins de fer ou des routes à 3 pieds de profondeur environ.

On a pris beaucoup de précautions pour préserver ces lignes de toute détérioration ; la facilité avec laquelle les divers appareils, y compris le téléphone même, fonctionnent sur ces circuits relativement longs, et l'importance de pareilles communications à l'abri des perturbations atmosphériques, conduiront, je pense, à la substitution graduelle des lignes souterraines aux lignes aériennes pour toutes les principales artères du réseau télégraphique.

Télégraphie sous-marine.

Il n'y a rien de bien saillant à signaler, sauf les perfectionnements récents dans la fabrication du conducteur isolé et de l'enveloppe extérieure qui le recouvre, et ceux relatifs à l'accroissement de la vitesse de la transmission sur les longues lignes, aux navires et engins pour l'immersion et la réparation des câbles en mer profonde.

Conducteur. — Le conducteur employé à peu près universellement dans la construction des câbles sous-marins est un toron de 7 fils de cuivre recouvert de trois couches de gutta-percha avec interposition de couches d'une composition résineuse fusible. Dans le câble de la Direct United States Telegraph Company, le conducteur se compose d'un gros fil central de $2^{mm},25$ de diamètre entouré de 11 petits fils de cuivre de $0^{mm},88$ de diamètre. On obtient ainsi une augmentation de conductibilité d'environ 10 p. 100 pour un diamètre extérieur donné, et l'on a remarqué que cette augmentation de conductibilité exerce une grande influence sur la vitesse de transmission à travers le câble.

Diélectrique. — La vitesse de transmission sur les longs câbles dépend beaucoup aussi du soin avec lequel on a choisi la matière isolante, et l'on a reconnu que les diverses espèces de gutta-percha se comportent à cet égard d'une façon très-différente. On sait que le caoutchouc possède une capacité inductive bien moindre que celle de la gutta-percha, et il semble qu'on devrait l'employer de préférence; mais son application sur le conducteur offre des difficultés pratiques qui limitent son usage; de plus, le caoutchouc peut devenir défectueux et est sujet à des changements d'état graduels. On a proposé de temps en temps des compositions de gutta-percha et de caoutchouc avec de la gomme laque, de la paraffine et du bitume; mais jusqu'ici il n'a pas été possible de donner à ces compositions les qualités que doit posséder toute substance diélectrique destinée à recouvrir un conducteur, c'est-à-dire une capacité inductive faible et un isolement élevé joints à une grande souplesse, à une grande permanence aux températures ordinaires, et à une plasticité convenable aux températures élevées.

Jusqu'ici la production de la gutta-percha a suffi à la consommation; mais on peut craindre que, par suite de l'extension croissante des lignes sous-marines et souterraines, il n'en soit plus toujours ainsi; et c'est avec raison que l'on cherche des compositions qui puissent la remplacer convenablement. En ce qui concerne la production du caoutchouc et de la gutta-percha, on constate avec satisfaction que le gouvernement indien s'occupe sérieusement de faire faire des plantations des essences qui donnent ces gommes, notamment dans la péninsule Malaise, sous la direction de Sir Joseph Hooker et du docteur Brandes, directeur du département des forêts

dans l'Inde. Espérons que, grâce à ces sages mesures, ces matières si précieuses ne manqueront pas, et qu'on arrivera de plus à améliorer leurs qualités isolantes en perfectionnant les modes de culture.

Revêtement extérieur. — L'enveloppe extérieure qui recouvre aujourd'hui les câbles de côte consiste généralement en une armature de fils de fer recouverte d'une double couche de chanvre imprégné d'asphalte et appliquée à chaud; quand l'opération est bien conduite, l'enveloppe de fer est ainsi efficacement protégée contre la corrosion.

Pour les câbles de mer profonde, on se sert ordinairement de fils d'acier; chaque fil est recouvert d'abord de jute afin de réduire le poids du câble. Ce mode de construction donne des câbles à la fois légers et solides, et rend plus facile l'opération de l'immersion; mais il a l'inconvénient de ne pas fournir une enveloppe complétement métallique capable de préserver l'âme des attaques du Teredo et du Xylophaga; de plus, quand on relève un câble pareil par de grands fonds, il a une tendance à se détordre et à former des coques au fond de la mer.

Câbles légers. — Quelques électriciens se prononcent pour l'emploi des câbles légers en mer profonde; on réaliserait certainement ainsi une grande économie; mais, d'un autre côté, les risques d'immersion sont bien plus considérables; et si une faute se déclarait par de grands fonds, on aurait peu d'espoir de pouvoir ramener un câble léger à la surface afin de le réparer. Il se peut que la fabrication des câbles arrive à un degré tel qu'il n'y ait plus lieu de se préoccuper de l'éventualité de défauts dans la ligne, l'immersion une fois effectuée; mais, pour le moment, les compagnies de télégraphes ont donné la préférence, et avec sagesse, selon l'orateur,

à des câbles qui, sans être aussi bon marché que les câbles légers, offrent plus de garanties pour les réparations en cas d'accident ou de dérangement.

Immersion des câbles. — L'art d'immerger les câbles, qui comprend des problèmes très-intéressants au point de vue scientifique et pratique, a bien attiré l'attention de la Société dans ces derniers temps; mais on n'a pas assez insisté sur les moyens qui conviennent le mieux pour les réparer lorsqu'ils viennent à se déranger après leur immersion. La condition essentielle, au point de vue de la réparation d'un câble immergé, est que son état général d'isolement soit parfait, sans quoi il est impossible de déterminer avec quelque rigueur la position de la rupture ou du défaut. Il faut ensuite avoir à sa disposition un navire aménagé en vue de rendre faciles les manœuvres spéciales à ce genre d'opérations. Autrefois on se servait des navires ordinaires de la marine marchande; mais c'était là une pratique mauvaise: ces navires, en effet, se prêtent peu à la marche en arrière; ils ne présentent aucune stabilité quand ils sont chargés de câble et munis d'une lourde machine sur le pont; ils ne peuvent virer, ni garder leur position contre le vent de travers, qu'à la condition de marcher presque à toute vitesse, tandis qu'un navire destiné à la télégraphie sous-marine doit pouvoir effectuer ces manœuvres sans qu'il soit nécessaire de lui donner un mouvement en avant. La machine d'immersion et celle de relèvement, les bouées, les appareils de sondage et la construction de grappins capables de crocher, couper et soulever, en la retenant, l'extrémité des câbles de mer profonde, sont des objets d'une grande importance pour ces opérations délicates d'où dépend l'avenir de la télégraphie sous-marine.

Transmission sur les longs câbles. — La transmission des messages télégraphiques à travers les longs câbles sous-marins présentait autrefois une grande difficulté pratique à cause du retard par l'induction latérale qu'éprouve le courant électrique dans son passage. Sir William Thomson a remédié à cette difficulté par l'application de son célèbre appareil à miroir qui rend sensibles à l'œil les plus légères traces des ondes électriques, lesquelles ont été transmises aux appareils enregistreurs ordinaires d'abord à l'aide d'un relais humain, puis au moyen de son syphon recorder qui enregistre ces courants en langage écrit; toutefois, ce dernier instrument est un peu délicat et compliqué, et il serait à désirer qu'on pût le remplacer par un relais très-sensible combiné avec des récepteurs ordinaires actionnés par des circuits locaux : il est probable qu'on y arrivera bientôt par suite des grands perfectionnements qui ont été faits dans la construction des relais polarisés.

Exploitation télégraphique.

Les inventions télégraphiques les plus saillantes, à l'heure actuelle, nous viennent surtout des États-Unis, le seul pays civilisé où les communications télégraphiques intérieures soient encore aux mains de compagnies privées. Est-ce la compétition toujours ouverte qui a conduit les inventeurs américains à découvrir le duplex, le quadruplex, le téléphone et autres inventions? L'orateur pense que la compétition ouverte pour obtenir les préférences du public doit avoir été un stimulant puissant en Amérique, comme elle l'était en Angleterre avant le rachat des lignes télégraphiques par le gouvernement. En exprimant cette opinion, l'orateur ne veut pas critiquer l'idée

qui a présidé à cette mesure; car on y a gagné un tarif uniforme et modéré, le réseau télégraphique s'est étendu jusqu'aux plus petites stations (quoique le nombre des stations ouvertes en Angleterre ne dépasse pas celui des stations aux États-Unis, la proportion étant de 1 station pour 5.607 habitants en Angleterre, et pour 5.494 aux États-Unis), et le secret des dépêches est mieux garanti. Les relations à établir entre les systèmes télégraphiques des divers pays appelaient l'intervention active du gouvernement, qui seul peut régler efficacement, avec les administrations télégraphiques des autres pays, les questions générales de tarif et des modes d'exploitation.

La réunion triennale de la conférence télégraphique se tiendra cette année à Londres, et l'on pourra juger des résultats de la coopération des systèmes télégraphiques du monde. La conférence n'a pas à s'occuper des choses techniques, telles que la construction des lignes et le perfectionnement des divers appareils employés pour les exploiter, et c'est ce qui intéresse spécialement la Société; aussi on peut se demander si l'acte du Parlement de 1868-69, qui a institué le département des télégraphes en Angleterre, n'est pas allé au delà de ce qui est nécessaire aux vrais intérêts d'un service public, en retirant des mains de l'entreprise publique la construction des lignes en même temps que leur exploitation. Cet acte donne en effet à l'administration le droit d'acheter les brevets, ce qui crée un privilége en faveur de certains instruments au détriment d'autres instruments de mérite égal, et ce n'est pas le moyen de stimuler l'invention.

La construction des lignes d'intérêt local et privé est une branche importante de la télégraphie qui, suivant l'orateur, aurait dû rester tout à fait en dehors du domaine de l'administration, afin que la compétition eût

pu développer librement ces applications, comme cela a lieu aux États-Unis, où la télégraphie privée et urbaine est certainement en avance sur toutes les autres contrées. Ces observations n'ont pas pour but d'insinuer que les ingénieurs et les fonctionnaires de l'administration télégraphique ne font pas tout ce qu'ils peuvent dans l'intérêt du public ou pour perfectionner les lignes et les appareils.

En effet, de grandes améliorations ont été récemment introduites par l'administration des postes et télégraphes dans la vitesse de transmission des circuits desservis par l'appareil automatique de Wheatstone, et par l'emploi de translateurs ou relais à grande vitesse. Ainsi, d'après M. Preece, on a constaté qu'en intercalant à Dublin un de ces nouveaux relais à grande vitesse, la vitesse de transmission entre Londres et Cork a plus que doublé, et elle a augmenté de 50 p. 100 environ entre Londres et Dublin par l'installation d'un de ces mêmes relais à Anglesea.

On aura une idée de la vitesse avec laquelle les messages peuvent être transmis, par ce fait que le discours de la reine, qui contenait 801 mots, a été transmis à Leicester en 4′ 28″, soit à raison de 179 mots par minute. La plus grande vitesse qu'on ait pu atteindre en transmettant à la main a été obtenue entre Londres et Reading; le discours a été transmis en 17′, soit à raison de 47,1 mots par minute. Dans la nuit qui a suivi l'ouverture de la session, la station centrale a transmis plus de 420.000 mots, et plus de 1 million de mots ont été expédiés dans les différentes parties du royaume.

Le système quadruple continue à fonctionner entre Londres et Liverpool d'une manière satisfaisante, et le rendement d'un fil a parfaitement quadruplé. Le plus

grand nombre de dépêches qu'on a pu transmettre dans une heure a été de 232; mais le nombre de 200 par heure est souvent atteint.

On étend de plus en plus l'établissement en duplex des circuits automatiques du Wheatstone, et sur ce même fil de Leicester, en même temps que d'un côté on transmettait le discours de la reine, on transmettait en même temps des dépêches du côté opposé par l'installation en duplex.

La télégraphie sous-marine offre aussi un vaste champ à l'activité de l'ingénieur du télégraphe; et là encore, il y aura à lutter, non pas contre l'action législative, mais contre une combinaison financière très-puissante qui se propose de fondre ensemble les intérêts de toutes les lignes océaniques et internationales et d'accaparer la construction de nouvelles lignes; mais il est peu probable qu'un pareil monopole puisse tenir longtemps contre l'esprit si entreprenant des Anglais.

Applications de l'électricité.

Lumière électrique. — L'électricité, qui jusqu'ici a rendu de grands services comme agent de la transmission rapide de la pensée à travers les distances, s'affirme de jour en jour comme capable de produire des effets qui nécessitent cependant un développement de forces. On a beaucoup parlé de l'emploi de l'électricité pour produire la lumière, et la compagnie française de l'Alliance et celle de Gramme se sont fait connaître depuis quelques années par la construction d'appareils magnéto-électriques destinés à l'éclairage des phares de la côte française et à la galvanoplastie.

M. Wilde, de Manchester, en combinant deux machines électro-magnétiques munies d'armatures Siemens, est

parvenu à augmenter d'une façon considérable les effets produits par des moyens purement mécaniques; mais la plus grande impulsion dans cette voie a été donnée par l'introduction (en 1866-67) du principe dynamo-électrique qui permet d'accumuler dans le circuit électrique, au plus haut degré que comporte la capacité conductive du fil, le courant que l'on veut faire agir.

Le Dr Tyndall et M. Douglas, ingénieur en chef du service des phares, dans des rapports qu'ils ont adressés dernièrement aux membres du conseil de ce service, sur la puissance des machines dynamo-électriques au point de vue de leur application à l'éclairage des côtes, constatent qu'une machine qui ne pèse pas 200 kilog. peut produire une lumière égale à celle de 1.250 bougies par cheval-vapeur dépensé. En supposant qu'un cheval-vapeur exige une dépense de 3 livres (1^k,360) de charbon par heure, ce qui est excessif, 1 livre (0^k,450) suffirait donc pour produire pendant une heure une lumière égale à celle de 417 bougies normales. Pour produire une lumière semblable il faudrait 139 pieds cubes (3^{mc},750) de gaz ayant un pouvoir éclairant de 18 bougies et dont la fabrication exigerait 30 livres (13^k,6) de charbon. Et en admettant que de ces 30 livres, après le chauffage des cornues, on en retire 50 p. 100 sous forme de coke, on a une dépense nette de 15 livres de charbon pour l'éclairage au gaz, tandis qu'avec une livre de combustible on obtient une lumière électrique aussi intense, soit un rapport de 15 contre 1 en faveur de l'éclairage électrique.

Si l'on considère que la lumière électrique non-seulement coûte moins cher à produire et à entretenir que celle du gaz, mais encore qu'elle est bien supérieure en qualité et moins délétère que cette dernière qui échauffe

et salit l'atmosphère dans lequel elle brûle, on est amené à regarder comme probable que l'électricité remplacera bientôt le gaz dans beaucoup de cas. Son application dans les phares, pour les opérations militaires, pour l'illumination des grands ateliers et des édifices publics, a déjà fait de grands progrès, tandis que pour les usages domestiques, la bougie électrique de Jabloschkoff, ou des modifications de cette bougie, permettent de résoudre la question du réglage et de la distribution de la lumière intense que produit une lampe électrique ordinaire.

Électro-métallurgie. — On s'est servi avec beaucoup de succès de la machine dynamo-électrique en métallurgie, par exemple, pour obtenir la précipitation du cuivre par la voie humide. Un cheval-vapeur dépensé pour la marche de la machine dynamo-électrique suffit pour précipiter 1.120 livres de cuivre en 24 heures, ce qui, à raison de 3 livres de charbon par cheval-vapeur et par heure, représente une dépense de 72 livres de charbon.

L'action électrolytique pour la séparation des métaux n'est pas nécessairement limitée aux solutions aqueuses; elle prendra peut-être beaucoup d'importance pour effectuer la séparation de leurs composés des métaux les plus légers tels que l'aluminium, le calcium, et quelques-uns des métaux les plus rares, comme le potassium, le sodium, etc., quand ils sont à l'état de fusion. Le professeur Himly, de Kiel, et d'autres ont montré ce que l'on peut faire dans ce sens, mais il reste encore beaucoup de difficultés pratiques (principalement la détérioration rapide des vases qui contiennent les masses en fusion) que l'on finira sans doute par surmonter avec de la persévérance.

Transmission des forces mécaniques. — L'orateur rappelle qu'il a déjà signalé, il y a un an environ, une autre

application du courant dynamo-électrique, qui consisterait à transporter la force mécanique, principalement celle des sources naturelles telles que les chutes d'eau, à des endroits éloignés où l'on pourrait l'utiliser. Depuis, on a fait des expériences pour déterminer dans quelle proportion cette force pourrait être utilisée à une certaine distance, et les résultats sont tout à fait favorables à cette application de l'électricité. On a constaté qu'une petite machine pesant 3 quintaux et qui exerce une force de 2,3 chevaux mesurée au frein de Prony, exige à l'autre extrémité du fil une force de 5 chevaux, ce qui prouve que l'on peut recueillir 40 p. 100 de la force exercée à la station éloignée. La perte dans la transmission de 60 p. 100 de la force est due au frottement dans les engins dynamo-électriques et électromoteurs, à la résistance du conducteur et à la perte de force qui résulte de la double conversion. Cette perte semble très-grande, et elle serait encore bien plus considérable si le fil conducteur était très-long et d'une résistance relativement plus grande. Mais d'un autre côté il ne faut pas oublier que la force d'un moteur naturel s'obtient sans dépense de charbon, et qu'un petit moteur calorique que doit remplacer le moteur électrique exige une dépense de combustible très-considérable. Le moteur électrique a de plus cet avantage qu'il ne demande pour ainsi dire pas d'installation et que pour l'avoir à sa disposition à tout instant, il suffit simplement de fermer le circuit électrique, sans avoir à redouter les inconvénients que présentent toujours les machines à vapeur et à gaz.

Laissant de côté l'utilisation des forces naturelles, prenons le cas où il s'agirait simplement de distribuer la force d'une machine à vapeur de 100 chevaux à 20 stations, dans une circonférence d'un mille de diamètre,

pour produire à la fois de la lumière et de la force. Si a machine est économique, il faudra dépenser 250 livres de charbon par heure pour obtenir une puissance de 100 chevaux, soit par station $\frac{250}{20} = 12,5$ livres.

Si l'on utilise le courant entier à la production de la lumière électrique, on pourra obtenir à chaque station $2,3 \times 1.200 = 2.760$, c'est-à-dire une intensité de 2.000 bougies; si on l'utilise à la production de la force, on aura à chaque station une force de 2,3 chevaux brûlant 12,5 livres de charbon, ce qui, à raison de 15 shellings la tonne, représente une dépense de combustible d'un penny par heure. Le conducteur qui sert à transmettre l'effet à chacune des stations n'a pas besoin d'avoir plus d'un demi-pouce de diamètre extérieur, et l'établissement et l'entretien de ce conducteur seront bien peu de chose auprès de ceux des conduites d'eau et de gaz nécessaires au transport de la même force.

PILE AU BICHLORURE DE CUIVRE.

Cette pile donne, tant au point de vue électrique qu'au point de vue chimique, des résultats tout à fait différents, suivant que le circuit est ouvert ou fermé; c'est à l'étude de ce phénomène que je me suis attaché, les conséquences pratiques en découleront toutes seules.

Le bichlorure de cuivre, surtout en dissolution concentrée, attaque le cuivre métallique pour donner naissance à du protochlorure Cu^2Cl; dans la pile, le bichlorure se trouvant en présence de deux métaux, cuivre et zinc, qu'il attaque avec une énergie différente, produit deux courants inverses, et la force électromotrice finale est égale à la différence entre celles qui résultent de l'action du sel sur chacun des deux corps.

En prenant un charbon pour électrode négative et successivement un cuivre et un zinc pour électrode positive, j'ai pu mesurer approximativement ces deux forces électromotrices (dans le premier temps du fonctionnement, car le charbon se recouvre assez rapidement de cuivre métallique); elles ont été trouvées de 25 à 30 pour le cuivre et de 125 pour le zinc, ce qui donne une force électromotrice finale de 95 à 100 pour l'élément cuivre-zinc.

Lorsque le circuit est fermé, le courant produit par l'action sur le zinc, étant plus énergique que celui qui tend à résulter de l'action sur le cuivre, annule ce dernier en s'affaiblissant d'autant lui-même, et le protochlorure

ne se forme pas; tout marche régulièrement: dépôt de cuivre au pôle positif, formation de chlorure de zinc et d'un léger précipité sur le zinc.

Ce précipité paraît être un mélange en proportions variables de protoxyde et de bioxyde de cuivre.

Le courant est d'une constance remarquable et la pile se maintient très-propre.

Quand le circuit est ouvert, le bichlorure attaque l'électrode cuivre qui se détruit rapidement; le protochlorure se forme d'autant plus abondamment qu'il provient à la fois de la décomposition incomplète du bichlorure et de son action sur le cuivre: cette poudre blanche envahit tout l'élément, recouvre l'électrode cuivre et la rend très-résistante; enfin le précipité d'oxyde de cuivre devient très-considérable sur le zinc.

Lorsqu'on ferme de nouveau le circuit, le courant reprend lentement son énergie primitive, le protochlorure non-seulement ne se forme plus, mais diminue et finit même par disparaître si la fermeture persiste assez longtemps.

Les éléments dont je me suis servi diffèrent totalement de ceux en usage actuellement.

Le vase en verre a la forme d'un parallélipipède à base rectangulaire, divisé intérieurement par une cloison également en verre faisant corps avec les parois latérales et s'élevant aux deux tiers de la hauteur totale.

Le zinc et le cuivre, sous forme de plaques réunies par un fil recouvert de gutta-percha, reposent au fond des deux cavités formées par la cloison, dans des liquides toujours saturés ne communiquant que par la partie supérieure.

Sans insister sur les avantages de cette disposition qui sont du reste encore l'objet d'expériences de ma part, je

signalerai une remarque qui peut être utile dans l'établissement de la théorie des actions chimiques dans la pile.

Si l'on monte un élément dont la dissolution est formée uniquement avec du chlorure de zinc, un galvanomètre intercalé ne donne aucune déviation. En introduisant avec précaution jusqu'au fond du compartiment où est le pôle cuivre la tige creuse d'une pipette contenant une dissolution concentrée de bichlorure de cuivre, on constatera que le galvanomètre reste immobile; mais si en pressant sur le caoutchouc on vient à chasser au contact du cuivre quelques gouttes de bichlorure, immédiatement le galvanomètre accuse la déviation normale produite ordinairement par la pile. Cependant le point où cette émission de liquide actif a eu lieu, dans le voisinage du cuivre, est séparé du zinc métallique par une couche de chlorure de zinc d'environ $0^{m},20$; il semble donc rationnel d'admettre que la dissolution de ce dernier sel a servi d'intermédiaire par une sorte de décomposition et de polarisation moléculaire instantanée.

En résumé, la pile à bichlorure de cuivre est très-propre et très-constante, d'une énergie à peu près égale à celle de la pile Callaud, quand le circuit est constamment fermé; elle pourrait être employée avantageusement pour le courant continu, la galvanoplastie, etc.; mais elle est à rejeter sur les lignes télégraphiques, à moins que la durée de la fermeture du circuit n'excède très-notablement la durée des ouvertures.

V. Lourme,
Commis principal à Bordeaux.

APPAREIL IMPRIMEUR DE M. DUJARDIN.

Le dernier appareil imprimeur de M. Dujardin a une roue des types qui suit les mouvements du manipulateur comme dans la plupart des appareils à échappement; l'impression a lieu lorsque cette roue s'arrête pendant un temps suffisant pour laisser fonctionner un mécanisme particulier qui produit le soulèvement et l'avancement du papier.

Le manipulateur est placé sous la table qui sert de support à tout l'appareil. Il comporte une roue à gorge sinueuse pareille à celle du manipulateur Bréguet, et servant à faire osciller un levier qui établit les communications électriques. Cette roue est verticale et fait corps avec un arbre horizontal muni de 28 cames plantées suivant le pas d'une hélice allongée.

En agissant avec le pied sur une pédale pareille à celle des machines à coudre, on donne au manipulateur un mouvement de rotation continu, et il y a émission de courants alternativement positifs et négatifs.

Sur la table se trouve un clavier formé de 28 touches sur lesquelles sont gravés les signaux. En appuyant sur une touche, on enfonce une forte goupille placée en dessous; celle-ci se trouve alors sur le chemin d'une des cames de l'arbre fixé à la roue à gorge sinueuse, et l'arrête dans une position déterminée. Dès qu'on retire le doigt, un ressort à boudin relève la touche et la goupille; et le manipulateur continue son mouvement.

Le récepteur est placé sur la table un peu en arrière du clavier.

Sa partie électrique comprend : un électro-aimant ordinaire formé de deux bobines horizontales, et une armature verticale polarisée par un aimant permanent (comme dans le rappel par inversion de courant). La succession des courants alternativement positifs et négatifs envoyés par le manipulateur donne à cette armature un mouvement oscillatoire de droite à gauche, et *vice versa.*

La partie mécanique comporte deux mécanismes d'horlogerie indépendants l'un de l'autre. Le premier sert à mettre en mouvement la roue des types ; la deuxième à produire le soulèvement et l'avancement du papier.

La roue des types placée en avant du récepteur tourne comme le manipulateur au moyen d'un échappement commandé par les mouvements de l'armature. Son rappel au blanc se fait au moyen d'un mécanisme analogue au rappel à la croix dans l'appareil à cadran.

L'axe de la roue des types traverse la boîte qui contient les barillets et les rouages, et se termine derrière la platine postérieure par une roue à dents de rochet (28 dents) qui suit tous ses mouvements.

Contre les dents de cette roue appuie un petit galet faisant partie d'un mécanisme d'échappement destiné à produire l'impression.

Quand la roue des types est en mouvement, et tant qu'elle tourne régulièrement et avec une certaine vitesse, le galet reste tangent à la circonférence formée par la pointe des dents de rochet ; mais dès que cette roue s'arrête tant soit peu, le galet pénètre dans l'intervalle de deux dents, l'échappement d'impression fonctionne, et tout le mécanisme, mû par le deuxième barillet,

avance d'une certaine quantité : une bielle placée en avant de la platine antérieure fait un tour complet et soulève rapidement le levier d'impression, tandis qu'un cylindre entraîneur du papier avance assez pour espacer convenablement les signaux sur la bande.

La roue des types, très-légère (en aluminium), est formée de deux parties inclinées l'une sur l'autre et portant respectivement les lettres et les chiffres.

L'ingénieux mécanisme d'inversion qui place l'une ou l'autre de ces parties au-dessus du papier est le même que dans le précédent appareil de M. Dujardin. Il est mû par le levier d'impression, mais n'agit sur la roue des types que quand celle-ci présente au-dessus du papier le blanc des lettres ou le blanc des chiffres (ces deux blancs sont aux deux extrémités du diamètre commun aux deux parties de la roue).

Les courants envoyés par le manipulateur traversent d'abord le récepteur du poste de départ, puis la ligne et le récepteur du bureau d'arrivée ; les signaux sont donc imprimés aux deux extrémités de la ligne.

Le levier oscillant du manipulateur étant toujours en communication avec l'un ou l'autre des pôles de la pile, il faut l'isoler de la ligne pendant la réception et mettre le récepteur en communication avec la terre. C'est ce que l'on fait après chaque transmission au moyen d'un commutateur. Cette manœuvre est identique à celle que l'on fait au même moment avec l'appareil Hughes.

Si pendant la réception on veut couper, on met le commutateur sur bois, le correspondant est averti parce que le courant ne passe plus dans son appareil qui s'arrête. Sur de longues lignes, il serait peut-être préférable de couper en mettant le commutateur sur émission, ce qui produirait à l'autre extrémité du fil des

impressions supplémentaires qui avertiraient l'employé transmetteur.

Dans les essais qui ont eu lieu avec des appareils imparfaitement construits, des employés ont pu, après huit jours à peine d'exercice, faire de vingt à vingt-deux dépêches en une heure. On peut donc admettre que des employés très-exercés pourraient en faire vingt-cinq à l'heure en moyenne, et même exceptionnellement vingt-huit ou trente.

Le rendement serait donc largement le même que celui de l'appareil Morse, et il y aurait de plus l'avantage de l'impression en caractères ordinaires et la suppression du réglage dû aux variations de courant.

En effet, les mouvements de l'armature ayant lieu sous l'influence de courants successifs de sens contraire qui l'attirent tantôt à droite, tantôt à gauche, il n'est besoin d'aucun ressort antagoniste, et si la sensibilité de l'appareil est suffisante pour lui permettre de fonctionner avec un courant faible, il pourra, sans aucune modification de réglage, fonctionner avec un courant d'intensité quelconque.

H. CAILLERET.

DÉTERMINATION TÉLÉGRAPHIQUE

DE LA DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

ENTRE PARIS ET L'OBSERVATOIRE DU DÉPOT DE LA GUERRE

A ALGER (COLONNE VOIROL),

(Mémoire de MM. Lœwy et Perrier, lu par M. Lœwy à l'Académie des sciences.)

MM. Stephan et Lœwy ont déjà fait connaître à l'Académie, dans la séance du 16 avril 1877 (*), les résultats des opérations qu'ils ont exécutées pour obtenir les deux différences de longitudes entre Paris-Marseille et Marseille-Alger, d'où résulte une première valeur de la différence de longitude entre Paris et Alger.

La détermination directe de cette dernière longitude fait l'objet de la communication actuelle, qui vient ainsi compléter, sur plusieurs points importants, le compte rendu des opérations entreprises en commun par les observatoires de Paris et Marseille, ainsi que par le dépôt de la guerre, pour rattacher l'Algérie à la France.

Nous n'avons pas à revenir sur nos appareils électriques installés à Paris et à Alger, dont le principe et le mode d'emploi ont été décrits dans la communication déjà citée. Nous insisterons spécialement sur la méthode nouvelle que nous avons employée pour la discussion des

(*) Voir *Annales*, t. IV, p. 374 et suiv.

erreurs et sur les dispositions particulières que nous avons été forcés de prendre à Marseille pour la transmission des courants électriques.

Grâce à la télégraphie électrique, la détermination des longitudes de deux points de la surface terrestre est devenue une des opérations les plus exactes de la haute géodésie.

Le problème se réduit au fond à déterminer la différence des heures que marquent au même instant physique des pendules bien réglées, installées aux deux stations. Il reste donc à les comparer, malgré la distance qui les sépare, au moyen d'un mode quelconque de télégraphie instantanée. . . . . L'introduction de la télégraphie électrique a permis de lancer d'une station à l'autre, quelle qu'en fût la distance, des signaux presque instantanés ; par suite, on a pu envoyer à la station conjuguée l'heure de la pendule de la première, aussi bien qu'une dépêche quelconque, et la comparer à l'heure de la seconde station. Et, comme il suffit de renverser le courant, c'est-à-dire d'envoyer de la seconde station l'heure locale de la première pour éliminer le temps d'aller, si court, que l'électricité emploie à franchir l'espace, on a cru pouvoir obtenir par ces nouveaux procédés, combinés avec des méthodes d'observation plus délicates, une exactitude plus rigoureuse. . . . .

On a pu réduire l'incertitude dans l'échange des signaux télégraphiques, due aux fluctuations accidentelles des courants et à l'inertie variable des pièces métalliques, à ± 0,003 de seconde de temps. . . . . Nous allons exposer l'installation du dispositif particulier, établi à Marseille, pour l'échange des signaux.

L'échange direct des signaux, par la voie télégraphique entre Paris et Alger, s'opère en partie dans l'air, en partie dans la mer, dans des distances respectives de 863 kilomètres et 926 kilomètres. Or l'administration imposait la condition de n'agir dans la portion sous-marine qu'avec l'intensité de dix éléments ; nous n'aurions pu franchir ainsi, dans des conditions satisfaisantes, la distance de 1.789 kilomètres. De là découlait la nécessité d'interposer, à Marseille, un relais de translation pouvant alternativement lancer dans le fil aérien de Paris, ou dans le câble sous-marin d'Alger, les courants très-différents de deux piles établies à Marseille, formées, l'une de 100 et l'autre de 10 éléments Callaud.

Il y avait là une difficulté sérieuse à surmonter. On sait, en effet, que le succès de ce genre de déterminations est basé sur la condition que le temps que l'électricité met à parcourir la ligne télégraphique doit être rigoureusement le même dans les deux directions, soit que l'on envoie un signal de la première station à la seconde ou inversement de la seconde à la première. Une inégalité régulière entre l'aller et le retour d'un signal affecterait toutes les longitudes obtenues successivement d'une erreur systématique.

Pour éviter ces inconvénients, il a donc fallu soumettre le relais de translation de Marseille, malgré l'intensité très-différente des courants qui intervenaient dans l'opération, à des actions électriques identiques. Ce but a été complétement atteint à l'aide d'un système particulier de rhéostat et de commutateur métallique qui avait été installé par moi à Marseille.

Le principe de cette disposition est fort simple. Un courant émanant d'une station quelconque et arrivant à Marseille pouvait s'écouler à terre par deux voies diffé-

rentes, par le rhéostat ou par le relais de translation; une boussole intercalée dans le circuit permettait alors de régler la résistance du rhéostat, de façon à ne faire entrer dans le relais qu'une fraction déterminée à l'avance du courant; le déclanchement s'opérant ainsi à l'aller et au retour, sous l'influence de forces égales, mesurées par la boussole, il était légitime d'admettre que le retard de transmission, dû à la présence du relais, était le même dans les deux directions.

Le relais a toujours été réglé très-sensible, afin de pouvoir obéir aussi rapidement que possible à l'action du courant, excessivement faible, venant d'Alger, et, grâce à cette précaution, le retard qu'il produisait était très-minime. Si, en effet, on calcule la somme des retards de transmission mesurés entre Paris-Marseille et Marseille-Alger, à l'aide des opérations combinées de MM. Stephan et Lœwy, on obtient, pour leur ensemble, $0^s,257$, et la durée de transmission ainsi trouvée est indépendante du relais de translation, puisque les deux opérations entre Paris-Marseille et Marseille-Alger sont directement déterminées sans l'intervention de cet organe de transmission. Nous avons trouvé, dans la recherche acuelle, $0^s,306$ pour le retard moyen entre Paris et Alger; la différence entre ces deux valeurs, soit $0^s,051$, mesure évidemment le retard causé par le relais, c'est-à-dire le temps moyen d'attraction de la palette du relais sous l'influence du courant affaibli émanant d'Alger, courant qui n'était que de 10 éléments, à son point de départ à Alger, et qui, à son arrivée à Marseille, après avoir franchi 926 kilomètres, était souvent à peine perceptible.

Le réglage du relais est, on le comprend, une opération délicate, qui a été l'objet de soucis incessants de la part de M. Stephan, et qui n'a pu être assurée qu'à la

suite de plusieurs essais préalables par l'échange de signaux entre les trois stations conjuguées.

Des observations faites, on déduit, pour la longitude entre Paris (pavillon des longitudes) et Alger (colonne Voirol) :

$$L' = 2^{m}\,50^{s},234 \pm 0^{s},011.$$

MM. Stephan et Lœwy ont trouvé :

Pour la longitude entre Marseille et Paris	$12^{m}\,13^{s},435$
Pour la longitude entre Marseille et Alger	$9^{m}\,23^{s},219$

d'où l'on conclut, entre Alger et Paris :

$$L' = 2^{m}\,50^{s},216.$$

La différence entre ces deux déterminations indépendantes est, comme on voit, très-minime, et la combinaison de ces deux valeurs fournit le résultat définitif adopté et ramené au méridien de Cassini :

Longitude définitive	$= 2^{m}\,50^{s},365.$
Erreur probable	$= \pm\, 0^{s},01.$

EMPLOI

DU LEVIER D'ARRÊT DU RÉCEPTEUR MORSE

COMME COMMUTATEUR DE SONNERIE.

On a proposé depuis longtemps d'utiliser le levier d'arrêt du récepteur Morse, pour remplacer le commutateur de sonnerie et établir automatiquement la communication de la ligne avec le récepteur ou la sonnerie par la mise en marche ou l'arrêt du rouage. (Voir *Annales*, tome I, 1874, p. 99.) Ce levier est simplement isolé du massif; dans la position de mise en marche, il presse sur un bloc R isolé et relié aux bobines du récepteur; dans la position d'arrêt, il presse sur un bloc S également isolé et relié à l'une des bornes de la sonnerie. Tantôt le levier est relié à la borne T du récepteur avec la terre. Alors la seconde borne de la sonnerie est reliée à la borne L du récepteur avec le fil d'entrée des bobines, le fil de sortie aboutissant au bloc R. De cette façon, quand le levier est sur le bloc R, le courant de ligne traverse les bobines et va à la terre par le bloc R et le levier; si le levier est sur le bloc S, il traverse la sonnerie et va à la terre par le bloc S et le levier.

Tantôt le levier est relié à la borne L du récepteur; l'un des fils des bobines arrive au bloc R et l'autre à la borne T et la terre. Alors la sonnerie est intercalée entre

le bloc S et la terre. Le courant arrive au levier d'où il est dirigé à la volonté sur le récepteur ou la sonnerie.

Ces modifications sont très-simples; elles n'ont pas reçu d'application d'une façon générale : 1° parce que si la sonnerie vient à se déranger, on n'a plus la ressource de rester sur récepteur, et de recevoir les appels du correspondant sans laisser dérouler l'appareil (à moins d'établir une communication volante); 2° parce qu'elles supposent qu'un récepteur spécial est affecté à chaque ligne différente.

ÉTUDE SUR LE TÉLÉPHONE

PAR M. DU BOIS-REYMOND

(Traduit des *Comptes rendus de la Société de Berlin*, 8 décembre 1877.)

Le téléphone a pour la physiologie du langage une importance qui n'a pas été jusqu'ici suffisamment mise en lumière ; on n'a pas encore publié, du reste, la véritable explication de la manière dont il fonctionne.

C'est cette explication que nous allons donner ici le plus simplement possible, en supposant connue la construction du téléphone Graham-Bell.

D'après M. Helmholtz, nous distingons un timbre particulier dans un son, parce que ce son résulte de vibrations élémentaires sinusoïdales dont les périodes et les amplitudes respectives sont différentes et déterminées. Et l'on n'a pas à considérer pour cela la position qu'occupent les différentes sinusoïdes sur l'axe des abscisses, ou la forme qui s'en déduit nécessairement pour la courbe résultante. Cette théorie a son origine dans la théorie des énergies spécifiques des nerfs sous la forme que lui a donnée M. Helmholtz, d'après laquelle un même filet nerveux ne permet de distinguer que des différences de quantité dans les impressions.

Dès que certains filets nerveux auditifs sont excités avec certaines intensités respectives, nous distinguons un timbre particulier, quelles que soient les phases des

sinusoïdes concordantes aux vibrations des extrémités de ces filets, qui coïncident dans le temps, ou comme on dit, quelles que soient les différences de phases de ces sinusoïdes.

Pour comprendre comment, en écoutant le téléphone B, on entend ce que l'on dit au téléphone A, il suffit donc de faire voir qu'une vibration sinusoïdale élémentaire du son qui ébranle l'air en A, se transmet à l'air qui entoure B, sous la forme d'une vibration élémentaire sinusoïdale, d'amplitude proportionnelle et de même période.

Le fait que, sous l'influence des vibrations sinusoïdales de l'air environnant, la membrane de fer de A exécute des vibrations semblables n'a pas besoin d'être expliqué. La petitesse des déformations de la membrane permet de regarder comme leur étant sensiblement proportionnelles, les variations qui en résultent pour le potentiel magnétique de la membrane et de l'aimant sur la bobine. Ainsi, pour une vibration sinusoïdale déterminée de la membrane, ce potentiel varie avec le temps, suivant une sinusoïde qui a même période et qui, par rapport aux autres sinusoïdes du même son, a la même amplitude relative que la vibration considérée de la membrane et de l'air environnant.

Soit P ce potentiel, on a

$$P = \text{const.} \sin t.$$

Les variations de P induisent dans la spirale des courants dont la force électromotrice est à chaque instant proportionnelle à $\frac{dP}{dt}$. Mais on a $\frac{dP}{dt} = \text{const.} \cos t$, d'où résulte qu'à la sinusoïde du mouvement de l'air devant la membrane correspond dans le fil conducteur du téléphone un courant qui, en faisant abstraction de l'induc-

tion du fil sur lui-même, est représenté dans le temps par une cosinusoïde, c'est-à-dire par une sinusoïde déplacée de $\frac{\pi}{2}$ sur l'axe des abscisses.

Ce courant provoque à son tour une variation de la puissance de l'aimant en B, variation qui, d'après des observations connues, est proportionnelle à la force du courant qui le produit. Elle provoque à son tour dans la membrane B et l'air environnant des déformations qui lui sont encore proportionnelles, vu sa petitesse.

Ainsi toutes les vibrations sinusoïdales élémentaires qui constituent un son donné, se transmettent de l'une des membranes à l'autre avec leurs périodes et leurs amplitudes relatives, parce que d'après le principe fondamental de l'induction électrique, des vibrations sinusoïdales dans l'espace produisent des oscillations cosinusoïdales du courant dans le temps. Mais il faut bien remarquer que, par suite de cette transformation, les phases de différentes sinusoïdes qui coïncidaient jusqu'au moment d'exciter le courant d'induction, se trouvent ensuite complétement bouleversées, chaque sinusoïde étant deplacée d'un quart de sa longueur d'onde, en sorte que la forme de la courbe résultante pour l'air qui limite B, devient tout à fait différente de celle qui représente le mouvement de l'air en A.

On voit ainsi que la possibilité de correspondre par le téléphone repose sur ces deux circonstances : premièrement, la forme particulière qui lie la force de l'induction à la variation du potentiel; secondement, le fait que le timbre est indépendant de la différence des phases des sinusoïdes qui composent le son.

Dans ses célèbres recherches sur la synthèse vocale, M. Helmholtz démontrait cette indépendance d'une ma-

nièse assez compliquée, soit en désaccordant des diapasons pour obtenir des différences de phases, soit en renversant le courant dans l'électro-aimant de ces diapasons.

Une manière simple et très-claire de montrer cette vérité dans un cours, consiste à ébranler avec un archet deux diapasons de König donnant l'ut_3 et l'ut_4, et de faire taire brusquement le second. Le timbre passe alors subitement de *å* à *ou*, et cela d'une manière évidemment indépendante de la différence de phase qui, dans cette manière d'opérer, ne peut pas se trouver deux fois la même. Mais on ne saurait trouver de preuve plus frappante en faveur de la théorie de M. Helmholtz que le fait de la possibilité de transmettre le timbre par le téléphone.

Bien que nous n'ayons jusqu'ici parlé que des sons musicaux, qui seuls sont formés de sinusoïdes régulières, ce que nous avons dit peut cependant s'étendre avec une exactitude suffisante aux ébranlements irréguliers des bruits.

La théorie du téléphone n'invoque donc aucun principe nouveau et le phénomène ne présente rien qui ne fût déjà connu. Les théories existantes auraient pu conduire au téléphone depuis longtemps et permettre de le construire *à priori*. Mais ce que personne n'aurait pu prévoir, et ce qui étonne toujours, même maintenant que le téléphone existe, c'est l'énergie avec laquelle ces actions se propagent. Cet exemple remarquable d'une double transformation de forces produisant une perte finale d'énergie mécanique aussi minime, montre encore une fois ce que bien des faits indiquaient déjà, à savoir que dans la propagation d'actions moléculaires, il y a moins de force transformée en chaleur que dans la

transmission d'une masse à une autre lorsqu'elle est accompagnée de frottements.

Dans ces circonstances, il semble qu'il vaut la peine d'étudier autrement que par l'audition, les courants électriques dans le fil du téléphone. Comme il s'agit de courants alternatifs, leurs actions sur l'aiguille aimantée doivent se détruire ; mais l'électro-dynamomètre de Weber serait propre à rendre ces courants sensibles, et à étudier leurs forces dans différents sons.

Il est encore un autre procédé permettant de reconnaître ces courants. Comme l'a montré M. Grassmann, les courants induits par les vibrations musicales d'un barreau aimanté excitent une patte de grenouille galvanoscopique. Il est dès lors facile de provoquer aussi des secousses par les courants du téléphone. Il suffit, au lieu d'attacher les deux extrémités du fil aux vis de pression de B, de les mettre en communication avec celles du tube d'excitation mouillé, sur les électrodes duquel repose le nerf; alors la patte éprouve des secousses aussitôt qu'on parle, chante ou siffle dans le téléphone A, ou même si l'on pose son embouchure un peu fort sur une table. On voit en même temps que le nerf est plus sensible pour certains sons que pour d'autres. Si on lui crie : *zücke !* (contracte !) la patte de grenouille se met à bouger ; sur le premier *i* de *liege still* (reste tranquille !) elle ne réagit pas. Les sons qui ont des harmoniques caractéristiques basses agissent donc plus vivement que ceux qui les ont plus élevées, de même que dans l'expérience de M. Grassmann, le barreau vibrant transversalement autour de son milieu agit plus vivement que lorsqu'il présente des nœuds de vibrations.

(*Archives des sciences physiques de Genève.*)

UN DOCUMENT

POUR

L'HISTOIRE DU TÉLÉPHONE.

Au moment où l'invention du téléphone est devenue une préoccupation presque générale, il y a un vif intérêt à rassembler les documents relatifs à l'histoire de ce merveilleux instrument. En voici un qui se recommande particulièrement à l'attention par son ancienneté et par le nom et la position de son auteur : c'est un article publié dans le numéro du 26 août 1854 du journal *l'Illustration*, page 139.

Transmission électrique de la parole.

« On sait que le principe sur lequel est fondée la télégraphie électrique est le suivant :

« Un courant électrique, passant dans un fil métallique, arrive autour d'un morceau de fer doux, qu'il convertit en aimant.

« Dès que le courant n'a plus lieu, l'aimant cesse d'exister.

« Cet aimant, qui prend le nom d'*électro-aimant*, peut donc tour à tour attirer, puis lâcher une plaque mobile, qui, par son mouvement de va-et-vient, produit les signaux de convention employés dans la télégraphie.

« Quelquefois on utilise directement ce mouvement, et on lui fait produire des points ou des traits sur une bande qui se déroule par un mouvement d'horlogerie. Les signaux de convention sont alors formés par des combinaisons de ces traits et de ces points. Tel est le *télégraphe américain*, qui porte le nom de *Morse*, son inventeur.

« Tantôt on convertit ce mouvement de va-et-vient en un mouvement de rotation. On a alors soit les télégraphes à *cadran* des chemins de fer, soit les *télégraphes de l'État*, qui, au moyen de deux fils et de deux aiguilles indicatrices, reproduisent tous les signaux du télégraphe aérien autrefois en usage.

« Imaginons maintenant qu'on dispose sur un cercle horizontal mobile les lettres, les chiffres, les signes de ponctuation, etc. On conçoit que le principe énoncé pourra servir à choisir à distance tel ou tel caractère, à en déterminer le mouvement, et par conséquent à l'imprimer sur une feuille placée à cet effet. — Tel est le *télégraphe imprimant.*

« On a été plus loin. Au moyen du même principe et d'un mécanisme assez compliqué, on est parvenu à ce résultat, qui, de prime abord, semblerait tenir du prodige : l'écriture elle-même se reproduit à distance ; et non-seulement l'écriture, mais un trait, une courbe quelconque ; de sorte qu'étant à Paris vous pouvez dessiner un profil par les moyens ordinaires, et le même profil se dessine en même temps à Francfort.

« Les essais faits en ce genre ont réussi ; les appareils ont figuré aux expositions de Londres. Il y manque néanmoins quelques perfectionnements de détail.

« Il semblerait impossible d'aller plus avant dans les régions du merveilleux. Essayons cependant de faire

quelques pas de plus encore. Je me suis demandé, par exemple, si la parole elle-même ne pourrait pas être transmise par l'électricité; en un mot, si l'on ne pourrait pas parler à Vienne et se faire entendre à Paris. — La chose est praticable; voici comment :

« Les sons, on le sait, sont formés par des vibrations, et apportés à l'oreille par ces mêmes vibrations reproduites dans les milieux intermédiaires.

« Mais l'intensité de ces vibrations diminue très-rapidement avec la distance, de sorte qu'il y a, même au moyen des porte-voix, des tubes et des cornets acoustiques, des limites assez restreintes qu'on ne peut dépasser. Imaginez que l'on parle près d'une plaque mobile assez flexible pour ne perdre aucune des vibrations produites par la voix; que cette plaque établisse et interrompe successivement la communication avec une pile, vous pourrez avoir à distance une autre plaque qui exécutera en même temps exactement les mêmes vibrations.

« Il est vrai que l'intensité des sons produits sera variable au point de départ, où la plaque vibre par la voix, et constante au point d'arrivée, où elle vibre par l'électricité, mais il est démontré que cela ne peut altérer les sons.

« Il est évident d'abord que les sons se reproduiraient avec la même hauteur dans la gamme.

« L'état actuel de la science de l'acoustique ne permet pas de dire, *à priori*, s'il en sera tout à fait de même des syllabes articulées par la voix humaine. On ne s'est pas encore suffisamment occupé de la manière dont ces syllabes sont produites. On a remarqué, il est vrai, que les unes se prononcent des dents, les autres des lèvres, etc.; mais c'est là tout.

« Quoi qu'il en soit, il faut bien songer que les syllabes se reproduisent exactement, rien que par les vibrations des milieux intermédiaires; reproduisez exactement ces vibrations, et vous reproduirez exactement aussi les syllabes.

« En tout cas, il est impossible, dans l'état actuel de la science, de démontrer que la transmission électrique des sons est impossible. Toutes les probabilités, au contraire, sont pour la possibilité.

« Quand on parla pour la première fois d'appliquer l'électro-magnétisme à la transmission des dépêches, un homme haut placé dans la science traita cette idée de sublime utopie, et cependant aujourd'hui on communique directement de Londres à Vienne par un simple fil métallique. — Cela n'était pas possible, disait-on, et cela est.

« Il va sans dire que des applications sans nombre et de la plus haute importance surgiraient immédiatement de la tranmission de la parole par l'électricité.

« A moins d'être sourd-muet, qui que ce soit pourrait se servir de ce mode de transmission, qui n'exigerait aucune espèce d'appareils. — Une pile électrique, deux plaques vibrantes et un fil métallique suffiraient.

« Dans une multitude de cas, dans de vastes établissements industriels, par exemple, on pourrait, par ce moyen, transmettre à distance tel ordre ou tel avis, tandis qu'on renoncera à opérer cette transmission par l'électricité, aussi longtemps qu'il faudra procéder lettre par lettre et à l'aide de télégraphes exigeant un apprentissage et de l'habitude.

« Quoi qu'il arrive, il est certain que, dans un avenir plus ou moins éloigné, la parole sera transmise à distance par l'électricité. — J'ai commencé les expériences; elles

sont délicates et exigent du temps et de la patience; mais les approximations obtenues font entrevoir un résultat favorable.

« Paris, le 18 août 1854.

« Charles BOURSEUL. »

A l'époque où M. Bourseul, actuellement sous-inspecteur des lignes télégraphiques à Auch, écrivait ces lignes, il était employé, depuis quelques mois seulement, dans l'administration. Jeune, inexpérimenté, il ne sut pas ou n'osa pas tenter les démarches nécessaires à la réalisation de son œuvre. Découragé par les publications scientifiques où son projet était traité de rêve fantastique, et distrait par ses devoirs professionnels, M. Bourseul suspendit malheureusement le cours de ses expériences téléphoniques. Cependant il arriva promptement à une position supérieure qui lui permit de reprendre les études *phonographiques* et *phonologiques* ayant servi de base à son invention; il fit alors paraître, dans les *Annales télégraphiques*, tome III, année 1860, numéro de Mars-Avril, un article très-remarqué, extrait d'un manuscrit terminé aujourd'hui et qui n'a pas encore été livré à l'impression.

Dans la séance de l'Académie des sciences, du 26 novembre 1877 (*), M. du Moncel, à propos d'une note de M. Pollard, « fait remarquer que l'invention du téléphone pourrait être considérée comme remontant à plus de vingt ans; il rappelle, en effet, que dans les deux éditions de 1854 et 1856 de son *Exposé des applications de l'électricité*, il décrit un système imaginé par M. Ch. B***, dans lequel le téléphone est indiqué à peu

(*) Voir *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1877, 2e semestre, tome LXXXV, n° 22, page 1025.

près tel qu'il existe actuellement ; bien que la condition principale qui a résolu le problème n'y soit pas mentionnée, l'inventeur paraissait être sur la voie.

« Il est probable, ajoute M. du Moncel, que les essais tentés par M. B*** devaient être analogues à ceux qu'a tentés dernièrement, avec une pile, M. Richemond, et qui ont fort bien réussi.

« M. B*** n'a pas donné signe de vie depuis vingt ans ; mais sa note est bien raisonnée et montre qu'il était bien au courant de la physique. Si je n'y ai pas attribué une grande importance, c'est qu'aucune disposition précise n'était indiquée.

« Quoi qu'il en soit, on ne peut se dissimuler que c'est M. G. Bell qui est l'inventeur du téléphone, car, entre une première idée et sa réalisation définitive, il y a tout un monde. »

La conclusion de M. du Moncel ne paraît pas rigoureusement exacte ; cela tient, sans nul doute, à ce que, dans son ouvrage, ce savant n'a reproduit que la deuxième partie du rapport de M. Bourseul ; s'il s'était reporté au texte primitif, il eût certainement affirmé que la description du téléphone était complète, puisque rien n'y manquait : plaque mobile vibrante, électro-aimant, fil conducteur, pile et théorie exacte. Dans de semblables conditions, la différence entre l'idée et sa réalisation n'est plus un monde, c'est affaire de temps et surtout d'argent. A l'époque où M. Bourseul s'est occupé de cette question, les sociétés savantes, destinées à venir en aide aux chercheurs, n'étaient pas encore fondées, et combien alors d'heureuses conceptions ont dû être rejetées dans l'oubli faute des ressources nécessaires à leur production !

Sans vouloir diminuer le mérite de M. G. Bell, il est cependant permis de revendiquer, en faveur de M. Bour-

seul, une large part dans l'invention du téléphone, et l'on est d'autant plus en droit de se demander si M. Bell n'a pas eu connaissance du rapport de M. Bourseul que, bien des années auparavant, le père de M. Bell avait déjà mis en application, en Angleterre, une idée préconisée par le père même de M. Bourseul, au sujet du moyen de faire parler les sourds-muets.

M. Charles Bourseul rend compte de ce fait de la manière suivante :

« Voici dans quelles circonstances je fus amené à m'occuper de l'étude des sons du langage, au point de vue acoustique et physiologique :

« En 1851, j'habitais Metz avec mon père. Un pauvre tailleur de cette ville nous amena un jour ses deux jeunes enfants, tous deux sourds-muets de naissance, et nous expliqua comment, à force de soins et de persistance, il était parvenu à les faire parler. Il avait patiemment analysé les sons articulés, en s'occupant surtout de la position des organes qui concourent à la formation de chacun de ces sons. Les enfants avaient fini par saisir le secret de cet admirable mécanisme. Ils répétèrent d'abord les sons simples, puis les syllabes, puis des mots entiers. L'aîné, qui pouvait avoir huit ou neuf ans, était même parvenu à lire à haute voix.

« Mon père jugea qu'il serait utile de vulgariser cette méthode. Il avait des relations dans la presse ; il publia un article qui fut reproduit par les journaux de la capitale. Le tailleur de Metz fut mandé à l'École des sourds-muets de Nancy, puis à Paris, et il fit école.

« Les résultats obtenus par cet homme m'avaient vivement frappé. Je compris l'utilité que devait offrir pour l'étude de la philologie et de la linguistique une analyse complète, sérieuse, des sons du langage, faite sur ces

sons en eux-mêmes, en dehors des langues auxquelles ils peuvent appartenir, applicable, par suite, au classement des sons dans toutes les langues. Je m'occupai de cette étude avec beaucoup d'ardeur, et, un an plus tard, étant venu habiter Paris, j'eus à ma disposition toutes les ressources nécessaires pour travailler avec fruit. J'eus bientôt la bibliographie complète de mon sujet. En poursuivant ces travaux, je constatai, à mon grand étonnement, que la méthode du tailleur de Metz avait simplement été perdue de vue, mais qu'elle n'était pas nouvelle. Parmi les livres très-curieux qui me passèrent alors par les mains, je trouvai, en effet, un ouvrage, en texte latin, publié à Amsterdam, en 1692, par Conrad Aman, et intitulé « *Surdus loquens.* » Ce titre seul était, comme on le voit, toute une révélation.

« Ce fut également au cours de ces recherches que je rencontrai un ouvrage des plus rares (*), dans lequel j'appris que les signaux des frères Chappe n'étaient autre chose que des chiffres chaldéens, résultat que j'ai eu occasion de faire connaître dans les *Annales télégraphiques* (**).

« Ce qui précède a pour but d'établir qu'en 1854, lorsque j'entrepris de reproduire électriquement les sons articulés, j'avais mûrement étudié la question, j'avais à ma disposition des éléments sérieux de succès. »

D'après ce qui précède, on voit qu'il existe une singulière coïncidence entre les points de départ des travaux de MM. Bourseul et Bell ; leurs études sont les mêmes et,

(*) Alphonse Costadau, « *Traité historique et critique des signes dont nous nous servons pour exprimer nos pensées.* Paris, 1717. »
(**) *Annales télégraphiques*, tome III, Mars-Avril 1860.

dès 1854, M. Bourseul décrit l'appareil que M. Bell fait construire vingt ans plus tard en le perfectionnant.

Sans nul doute le téléphone est l'œuvre de M. Bell, mais on ne peut refuser à M. Bourseul le mérite de l'idée et de l'invention.

LOIR,
Inspecteur des lignes télégraphiques.

Nous croyons devoir faire quelques réserves au sujet de la note ci-dessus. Le projet de téléphone indiqué par M. Bourseul en 1854, présente une grande analogie avec celui de Reiss (1861), avec la seule différence que dans le récepteur de Reiss, le son est produit par les aimantations et désaimantations rapides du noyau d'un électro-aimant, tandis que, dans le projet de M. Bourseul, il serait reproduit par les vibrations d'une plaque actionnée par ce noyau. Un téléphone construit sur ces indications reproduirait, comme celui de Reiss, le nombre de vibrations, mais non les variations de leur amplitude. Ce serait un téléphone *musical* et non un téléphone *articulant*. La solution de ce dernier problème était subordonnée à la condition de produire des courants électriques dont l'intensité fût en rapport avec l'amplitude et la forme des vibrations. C'est ce qu'ont obtenu, quinze ans après seulement, quoique l'invention de Reiss fût bien connue, M. Bell, en employant un électro-aimant à noyau aimanté, et M. Edison, en intercalant un crayon de plombagine entre la plaque vibrante et la ligne.

(*Note de la Rédaction.*)

LE

TÉLÉGRAPHE HYDROSTATIQUE

DE M. GROS

Employé des télégraphes, à Rodez (*).

But et utilité de l'appareil. — Le télégraphe hydrostatique de M. Gros a pour but de signaler et d'enregistrer automatiquement et d'une manière continue (**), au moyen de l'électricité, en un point muni d'une station télégraphique reliée au réseau général du pays, les variations de toute nature survenues dans la hauteur du niveau d'une masse d'eau en un lieu dépourvu de tout poste spécial d'observation.

En traçant automatiquement les courbes représentatives du régime des marées et des fleuves, cet appareil fournit à peu de frais des observations mathématiquement rigoureuses au service général des études hydrologiques; installé sur les points caractéristiques des grands bassins, il annoncera au loin la venue subite des eaux, et permettra aux contrées ravagées par des inondations périodiques ou accidentelles de prendre en temps utile des mesures pour lutter contre le danger.

(*) Extrait du rapport fait à la Commission météorologique de l'Aveyron, par M. Vital, Ingénieur des mines.

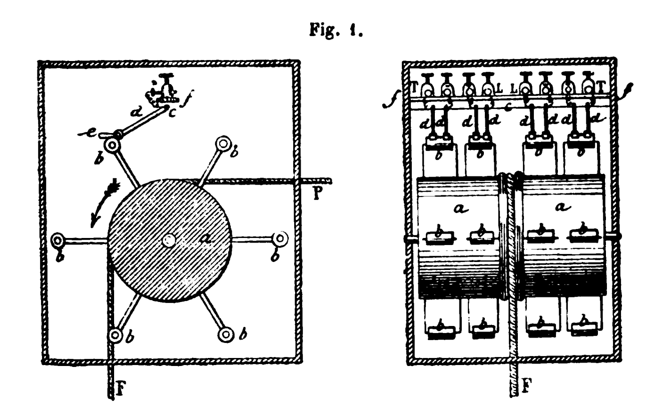
(**) La continuité des indications distingue cet appareil de celui construit par M. Hardy à Saint-Étienne. (Voir *Annales*, t. IV, p. 225.)

Description de l'appareil. — Le télégraphe hydrostatique se compose de trois parties distinctes : au point d'observation, choisi sur le bord de l'eau, le *propulseur;* à la station télégraphique chargée de recueillir et de transmettre les observations, le *récepteur;* entre les deux, un fil télégraphique unique.

La marche de l'appareil se réduit à la formule suivante : lancer, au moyen du propulseur pour une variation d'amplitude déterminée, 20 centimètres par exemple, survenue dans un sens quelconque du niveau de l'eau un courant électrique instantané, et le recueillir sur l'enregistreur de manière à faire mouvoir une aiguille sur un cadran d'une quantité constante dans un sens déterminé par la nature du changement survenu dans le niveau des eaux.

Propulseur. — Le propulseur se compose d'un flotteur, d'une pile et d'une batterie de pendules oscillants (*fig.* 1).

Fig. 1.



Un flotteur à contre-poids installé à l'abri de toute cause de destruction s'enroule dans une gorge creusée sur un tambour cylindrique *a* et lui transmet les oscilla-

tions du niveau de la masse liquide : l'eau baisse-t-elle? Le sens de la rotation regarde le flotteur F ; monte-t-elle? Il vise le contre-poids P. 20 centimètres étant l'amplitude de l'oscillation prise pour unité d'observation, la section droite circulaire de la gorge de la poulie comporte un nombre entier de divisions ayant chacune 20 centimètres de longueur, et sur chaque génératrice correspondante du tambour sont fixés quatre galets conducteurs à supports isolants *b* symétriquement placés par rapport à la gorge de la poulie.

La batterie des pendules se compose de huit pendules indépendants, mobiles sur un axe commun *c* parallèle à celui du tambour, fixé à la partie supérieure des montants qui portent la poulie ; et ces pendules sont disposés de telle sorte que chaque galet de tambour *b* vienne simultanément buter contre deux pendules voisins. Les pendules sont formés d'une latte rigide isolante *d* terminée par un petit marteau *e* à genouillère mobile autour d'un axe parallèle aux deux premiers, et le profil de ces organes est déterminé par la condition que le pendule, étant écarté par un galet de la verticale, se trouve après le parcours correspondant à une oscillation du flotteur de 20 centimètres, dans une situation telle qu'il échappe au galet en traînant sur lui son marteau pour venir reprendre au contact du galet suivant sa position primitive d'équilibre.

Les quatre pendules situés à gauche de la poulie portent une feuille métallique sur la face du marteau qui regarde le contre-poids ; pour les pendules de droite le métal recouvre la face opposée et chaque feuille métallique est reliée par un conducteur noyé dans la barre rigide et par un fil à boudin à une borne de la table de transmission.

La table de transmission *f*, formée par huit bornes

installées sur la traverse supérieure du bâti de l'appareil, sert de point de départ aux éléments du circuit voltaïque de la pile : fil de la ligne L, pôle positif; fil de terre T, pôle négatif.

Le fil de ligne et le fil de terre sont reliés chacun à deux bornes occupant des positions symétriques par rapport à la gorge de la poulie et choisis de façon que les pendules de ligne et de terre situés du même côté du plan médian du tambour portent sur des galets différents. Du côté gauche de l'appareil, le pôle positif aboutit au pendule accouplé par le galet avec le pendule de ligne, le pôle négatif au pendule accouplé avec la borne du fil de terre du côté opposé.

Dans ces conditions l'ensemble de l'appareil est formé théoriquement de deux parties distinctes, symétriquement disposées autour de la gorge de la poulie, et ces parties fonctionnent d'une manière identique, mais réciproque.

Supposons, comme point de départ, un alignement de galets situés dans le plan vertical passant par l'axe du tambour. L'eau baisse de 20 centimètres; les galets poussent les pendules, et, à la fin du trajet, ceux de gauche se trouvant au contact des faces métalliques des pendules correspondants, une transmission instantanée se produit et un courant positif passe pendant un temps excessivement court dans le fil de ligne; une deuxième baisse de 20 centimètres amènera la production du même phénomène.

Une hausse, au contraire, se produit-elle? Les galets de gauche sont au contact de la face non conductrice des marteaux et leur rôle est nul. L'inverse a lieu dans chaque cas pour les galets et les pendules placés à droite du tambour et le rôle de l'appareil se réduit à lancer

dans le fil de ligne, pendant un temps très-court, un courant positif pour toute oscillation en baisse de 20 centimètres du niveau de l'eau, un courant négatif pour toute oscillation inverse de même amplitude, exception faite toutefois de la première oscillation qui suit tout changement de sens survenu dans l'allure du régime des eaux.

Récepteur. — La construction du récepteur repose sur trois éléments distincts : 1° constitution d'un aimant à polarisation variable sous l'influence d'un courant électrique ou emploi d'un électro-aimant polarisé ; 2° transformation d'un mouvement circulaire continu en mouvement circulaire saccadé par les changements de polarisation de l'aimant ; 3° tracé d'un engrenage dont la roue menée obéisse toujours à la roue menante sans que la réciproque soit vraie.

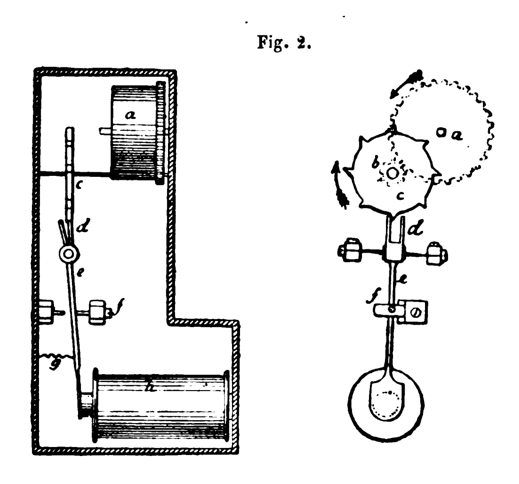
La construction d'un aimant à polarisation variable repose sur l'application de la loi d'Ampère à un électro-aimant dont le noyau est formé par un aimant à polarisation permanente. Un barreau de fer doux entouré d'un fil en spirale traversé par un courant voltaïque prend une aimantation telle que le pôle austral se forme à l'extrémité d'où un observateur voit le courant parcourir la spirale en sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre. Si le fer doux est remplacé par un aimant, la force de ses pôles augmente si le sens du courant est conforme à cette loi ; dans le cas contraire elle diminue, et la nature même de la polarisation pourra se trouver intervertie.

La création d'un mouvement circulaire saccadé (*fig.* 2) peut être obtenue par la combinaison d'un mouvement circulaire continu avec un aimant à polarisation variable.

Une roue à rochet *c* accouplée sur son axe avec un

pignon *b* commandé par un barillet d'horlogerie *a* tend à prendre un mouvement circulaire continu. Dans le plan de la roue, et normalement à son axe, est fixé un second

Fig. 2.



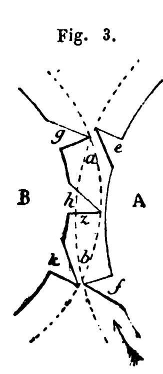
axe portant, du côté de la roue, une fourchette *d* et de l'autre, une barre rigide de fer doux dont l'extrémité forme l'armature d'un électro-aimant à noyau aimanté *h*. Un ressort à boudin *g* tend à ramener le pendule *e* en arrière, et si l'attraction de l'aimant cesse, le pendule recule en limitant son mouvement sur un butoir fixe convenablement disposé. La fourchette est formée de deux dents placées sur des sections droites et dans des plans secteurs différents. Le pendule étant au contact de l'aimant, une dent de la roue bute contre la branche de la fourchette située en aval du mouvement et la roue reste immobile; le pendule étant ramené en arrière, une dent s'échappe et la dent suivante vient s'arrêter sur la seconde branche; pour le mouvement inverse du pendule, cette deuxième dent avancera jusqu'à la branche d'aval de la fourchette, de sorte que pour une oscillation com-

plète d'aller et de retour la roue à rochet avance d'une dent, en deux temps égaux, correspondant chacun à l'avance d'une demi-dent.

Dans un appareil ainsi construit, si un courant voltaïque est lancé dans l'électro-aimant, dans le cas où son influence renforce la polarisation préexistante, le pendule et la roue restent immobiles ; mais dans l'hypothèse contraire, le pendule fait une oscillation complète, et la roue, en deux temps égaux, avance de l'intervalle d'une dent.

La construction d'un engrenage à roue menante (*fig.* 3) non réciproque se réalise par l'accouplement de deux roues à rochets A et B, à profils opposés, tracés de telle façon que chaque extrémité du secteur d'emprise *azb* de la roue menante A étant occupée par la pointe d'une dent, le secteur d'emprise *ghk* de la roue menée B soit occupé par trois dents. — La roue menante A tournant d'une dent en deux temps égaux, le premier temps amène la dent *f* au contact de la dent médiane *h* de la roue menée, et le deuxième temps la pousse jusqu'à la limite du secteur d'emprise. La roue menée devient-elle commandante, ses dents se meuvent dans le vide du secteur d'emprise de la roue menante et n'exercent sur elle aucune action.

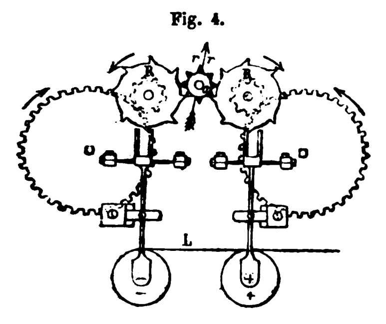
Fig. 3.



Le récepteur (*fig.* 4) résulte de la combinaison de ces deux organes. Sur son cadran divisé est mobile une aiguille *o*. A droite et à gauche de l'axe de l'aiguille se trouve une roue à rochet R à mouvement circulaire saccadé. Ces roues R, R tournent en sens inverse l'une de l'autre et sont commandées chacune par un électro-aimant,

les deux électro-aimants étant polarisés en sens inverse. Chaque roue à rochet est accouplée à une roue menée non réciproque r fixée sur l'axe de l'aiguille. Enfin le fil de ligne L attaché au propulseur du télégraphe hydrostatique s'enroule dans le même sens successivement sur les deux bobines de l'électro-aimant.

Fig. 4.



Une baisse de 0m,20 se produit-elle dans les eaux du point d'observation? Un courant positif est lancé pendant un temps très-court dans le récepteur; il renforce la polarisation d'un des aimants, annule celle de l'autre, la roue à rochet du premier reste immobile et celle du second fait avancer l'aiguille d'une division sans que ce mouvement soit entravé par l'immobilité de la roue à rochet voisine; une hausse de 20 centimètres est accompagnée de l'envoi d'un courant négatif, le rôle des deux électro-aimants est renversé, et l'aiguille parcourt une division en sens inverse de son déplacement précédent.

Le jeu de l'aiguille reproduit sur le cadran l'allure du niveau des eaux et les lectures du cadran concordent rigoureusement avec les faits soumis à l'observation, exception faite d'une correction fixe équivalente à une division pour le mouvement accusé dans l'un des deux sens.

L'axe de l'aiguille est commandé par chocs par la roue menante, mais il est probable que sa marche pourra être régularisée par des frottements convenablement réglés. En cas d'insuffisance de ce procédé, l'introduction d'un

électro-aimant à barreau de fer doux dans le circuit voltaïque permet, par une transmission spéciale, la régularisation rigoureuse des déplacements de l'aiguille.

L'emploi de l'appareil à des études courantes suppose l'enregistrement automatique des mouvements du flotteur.

Le mouvement circulaire de l'aiguille est transmis à une crémaillère glissant entre des guides fixes et munie d'un crayon à molette. Au contact du crayon marche, sur un rouleau tendeur parallèle à la crémaillère, une bande de papier animée d'un mouvement uniforme par un appareil d'horlogerie spécial, et le crayon trace *sans interruption* la courbe figurative du régime des eaux.

En cas d'inondation subite survenue au milieu de la nuit, l'employé doit être appelé à son poste par l'appareil. A cet effet, l'aiguille, en arrivant devant la division désignée sous le nom de *danger imminent*, vient, en pressant un bouton métallique, mettre en branle une sonnerie, et le chef de poste éveillé s'empresse de transmettre en aval, dans la vallée, l'annonce du danger et de la venue des eaux.

Appréciation de l'appareil. — L'appareil, construit par M. Gros, répond entièrement aux besoins les plus pressants du service hydrologique, et paraît appelé à rendre de grands services au pays.

Au point de vue théorique, son fonctionnement ne soulève aucune observation. Au point de vue pratique, il présente cette particularité que la majeure partie de ses organes sont couramment employés pour les appareils actuels de la télégraphie, et, à ce double titre, la possibilité de son application paraît aussi démontrée que peut le comporter toute question relative à une invention nouvelle.

EFFETS D'UNE PERTE

EN UN POINT D'UNE LIGNE TÉLÉGRAPHIQUE.

Dans le *Journal télégraphique international* du 25 mars 1877, M. Henri Discher signale l'importance que l'on doit attacher à la résistance intérieure de la pile quand on étudie l'effet d'une dérivation placée aux divers points d'une ligne télégraphique. « Il n'est pas rare, dit-il, que l'influence perturbatrice d'un même point de dérivation, situé entre deux stations d'un même circuit, se manifeste de manière à affaiblir fortement le courant d'arrivée à l'une de ces stations, tandis que l'autre station ne ressent point ou qu'à un degré bien inférieur cet inconvénient. Quoique généralement connu des personnes attachées au service pratique des télégraphes, et, du reste peu compliqué, *ce cas n'a pas été traité* jusqu'ici ni dans les ouvrages spéciaux de télégraphie, ni dans les journaux scientifiques, etc. »

Cette dernière assertion n'est pas tout à fait exacte; sans doute, dans quelques traités de télégraphie écrits à une époque où les récepteurs avaient généralement une très-grande résistance, on a regardé la résistance de la pile comme négligeable par rapport à celle du récepteur et l'on s'est borné à traiter la question à ce point de vue; mais, depuis, l'étude de ce problème a été faite complétement dans le *Handbook of practical telegraphy* de

M. Culley, où on la trouvera dans le chapitre consacré à l'isolement.

Voici, d'une part, les conclusions de M. Henri Discher : « La station dont le point de dérivation est le plus proche, reçoit un courant plus faible ou plus fort que l'autre station, selon que la résistance de la pile est plus petite ou plus grande que la résistance des appareils.

« En général, aujourd'hui la résistance de la pile surpasse celle des appareils. Voilà donc une nouvelle preuve que la résistance de la pile n'est nullement une quantité à négliger. »

Voici, d'autre part, comment la question est traitée par M. Culley : Après avoir montré l'effet d'une perte dans quelques cas particuliers, il cite la formule indiquée par M. Gavarret dans son ouvrage sur la télégraphie, formule qui fait connaître, l'*intensité du signal*, c'est-à-dire l'intensité du courant qui arrive dans l'appareil récepteur

$$i = \frac{Ef}{RR' + Rf + R'f}.$$

Dans cette formule,

R est la résistance de la partie de la ligne comprise entre la perte et le récepteur, plus la résistance du récepteur ;

R', celle de la partie de la ligne comprise entre la perte et la station de départ, plus la résistance de la pile ;

f, la résistance de la perte.

M. Culley remarque que la formule est symétrique par rapport à R et R' : « Donc, lorsque la résistance de la pile est égale à celle du récepteur, une perte située à une certaine distance de la station de départ exercera sur les signaux reçus la même perturbation que si cette perte

était située à la même distance de la station d'arrivée. Les deux stations sont alors également affectées.

Mais, dans la pratique, comme la pile qui dessert un long circuit se compose d'un grand nombre d'éléments, il en résulte que *sa résistance est supérieure à celle du récepteur*, et par suite, *le centre de la ligne* ne sera pas *le centre du circuit* (le circuit comprenant non-seulement la ligne, mais aussi la pile et le récepteur). L'effet d'une perte sur les signaux reçus sera d'autant plus grand que la perte est plus voisine de la station qui transmet. »

M. Culley résume ensuite les différents cas qui peuvent se présenter dans l'exemple théorique suivant : Une ligne, dont la résistance est de 120 ohms, a une perte d'une résistance de 10 ohms située à une distance de la station A représentée par une résistance de 5 ohms. L'appareil enregistreur a une résistance de 10 ohms seulement, et la pile 1/2 ohm par élément. On fait varier le nombre d'éléments de la pile, et on les met tantôt en série, tantôt en surface, de façon à faire varier la résistance de la pile par rapport à celle du récepteur : par exemple, 24 éléments simples ou en série, 24 en surface double, triple, etc. L'effet de la perte sur le courant reçu par chacune des stations extrêmes A et B est consigné dans le tableau suivant, dans lequel la force électromotrice E de 24 éléments est représentée par 10.000. L'intensité du courant reçu, si la ligne n'avait pas de perte, serait 70 avec 24 éléments, et 130 avec 48.

NOMBRE d'éléments.	RÉSISTANCE de la pile en ohms.	FORCE électromotrice E	INTENSITÉ du courant reçu par le poste A voisin de la perte.	INTENSITÉ du courant reçu par le poste B le plus éloigné de la perte.
24 en simple	12	10.000	30	28
48 id.	24	20.000	55	38
96 id.	48	40.000	94	47
192 id.	96	80.000	147	53
24 en double	6	10.000	31	36 (1)
48 id.	12	20.000	60	56
48 en triple	8	20.000	61	66 (2)
96 en double	24	40.000	110	77

Dans les deux cas seulement, ceux marqués (1), (2), où la résistance de la pile est inférieure au récepteur, l'intensité du courant reçu par le poste le plus éloigné est plus grande que celle du courant reçu par le poste le plus voisin de la perte; et par suite, dans ces deux cas seulement, le poste le plus voisin de la perte est celui qui reçoit le plus mal.

Actuellement, même sur les grandes lignes, le récepteur a souvent une résistance inférieure à celle de la pile : la perte, dans ces circonstances, sera plus rapprochée du poste qui reçoit le mieux ; conclusion opposée à celle de la plupart des traités de télégraphie français écrits à une époque où les récepteurs des longues lignes avaient des résistances de 200 kilomètres, c'est-à-dire supérieures à celles des piles employées.

Le tableau précédent conduit à un autre résultat : Supposons que, pour faire marcher le récepteur, il faille une intensité de 70 (soit 24 éléments avec la ligne bien isolée), A ne recevra pas si B travaille avec 48 éléments simples, et 96 éléments en B seront plus que suffisants

($i = 94$) ; B cependant ne recevra pas si A emploie 96 éléments simples : mais 96 éléments doubles suffiront ($i = 77$), alors cependant que 2×96 ou 192 éléments simples ne suffiraient pas (53).

Il en résulte que le meilleur moyen de remédier à la perte de courant résultant d'un défaut dans l'isolement, consiste à augmenter la surface des couples, ou accoupler un certain nombre d'éléments en surface, plutôt qu'à augmenter le nombre d'éléments en série au delà d'une certaine limite. C'est ce que la pratique a confirmé, et nous renverrons pour les exemples au traité de M. Culley, pages 134 et 135 de la 6e édition.

J. R.

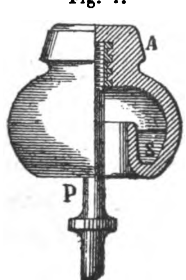
ISOLATEURS DE JOHNSON ET PHILLIPS.

L'emploi d'un liquide repoussant l'humidité et placé dans un recoin pratiqué autour de l'isolateur ordinaire en forme de coupe, a été essayé il y a quelques années; mais cette idée n'avait pas abouti à une solution pratique, soit que l'expérience eût été mal faite, soit qu'on ne sentît pas alors l'utilité du degré d'isolement très-élevé qu'on recherche aujourd'hui où l'on se préoccupe vivement de l'économie de la puissance de la pile, et de l'emploi des systèmes duplex et quadruplex.

MM. Johnson et Phillips se sont proposé de trouver une forme efficace d'isolateur d'après le principe dont nous venons de parler, et ont réussi à obtenir des isolateurs qui ont fait preuve de leur efficacité dans des conditions qui auraient été fatales aux isolateurs ordinaires.

Bien que ces isolateurs aient encore besoin d'être soumis à des essais continus dans les conditions qui existent ordinairement sur les lignes télégraphiques aériennes, les résultats déjà obtenus sont assez remarquables pour être signalés.

Fig. 1.



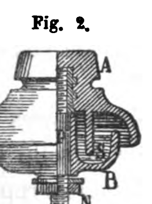
Les *fig.* 1, 2 et 3 représentent les formes de ces isolateurs.

L'isolateur n° 1 est fixé sur son support à la manière ordinaire; la partie inférieure de la porcelaine A est relevée intérieurement de façon à former une chambre S dans laquelle

on place de l'huile ou tout autre liquide isolant (du pétrole, par exemple).

Dans l'isolateur n° 2, la porcelaine est divisée en deux parties. La tête A est solidement fixée à la tige P qui passe librement à travers la seconde partie B, laquelle contient le liquide isolant S.

Fig. 2.

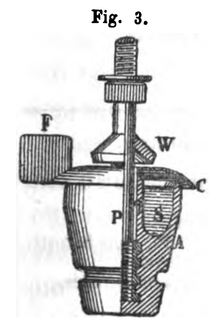


B est maintenu en place à l'aide d'un écrou N. Quand cet écrou est dévissé, on peut baisser la partie B de manière à voir la chambre à huile S, pour l'examiner ou y introduire de l'huile.

Dans les deux cas, on peut remplir facilement les isolateurs d'huile ou d'une autre substance isolante à l'aide d'une seringue à long bec.

La *fig.* 3 montre comment on peut appliquer à un isolateur ordinaire en porcelaine le principe d'un liquide isolant. L'espace en forme de coupe S est rempli en partie de liquide. C est un couvercle plat en métal reposant sur le tube en porcelaine T. Ce couvercle n'est pas fixe, il peut tourner autour de la tige P. Une aile F attachée à ce couvercle le fait tourner de temps en temps sous l'action du vent, dans le but de rompre les toiles d'araignées ou autres filaments qui peuvent occasionner un écoulement de la surface de l'isolateur au couvercle. Un anneau en caoutchouc W empêche la pluie d'entrer dans la chambre à huile par le trou du couvercle dans lequel passe la tige P. De plus, quand il est convenablement placé, cet anneau empêche le couvercle d'être soulevé par le vent et de toucher la porcelaine. Cette

Fig. 3.



forme d'isolateur convient surtout pour les pays où il y a beaucoup d'araignées et d'insectes analogues. Les expériences suivantes, faites sur 20 de ces isolateurs nouveaux et sur 4 isolateurs ordinaires en porcelaine blanche avec un tube de porcelaine autour de chaque tige, parlent d'elles-mêmes.

La perte obtenue avec les 4 isolateurs ordinaires est multipliée par 5 pour pouvoir la comparer à celle des 20 isolateurs nouveaux, qui sont considérés comme représentant une ligne d'un mille de longueur.

Les essais ont été faits avec 80 éléments et un galvanomètre astatique à miroir.

L'isolement absolument uniforme obtenu avec les isolateurs nouveaux, n'est pas strictement correct, mais la

DATES.	RÉSISTANCE EN MÉGOHMS par mille (20 isolateurs).		REMARQUES.
	Isolateurs nouveaux.	Isolateurs ordinaires.	
15 janvier.	»	»	Les isolateurs sont fixés.
31 id.	environ 14.200	254,00	Belle matinée.
1 février.	id.	2,62	Pluie. Il a plu presque toute la nuit.
3 id.	id.	31,18	Matinée claire.
5 id.	id.	16,85	Beau temps. Gelée.
6 id.	id.	9,67	Tr^{s} sombre, couv^{t}. Pl. dans la nuit.
7 id.	id.	17,71	Temps sombre, couvert.
9 id.	id.	7,21	Beau, mais brouillard et rosée.
10 id.	id.	8,74	Couvert. Vent.
12 id.	id.	23,38	Temps sombre, couvert.
12 id.	id.	1,10	Averse de pluie.
13 id.	id.	16,04	Temps sombre, couvert.
15 id.	id.	9,33	Id. id. humide.
16 id.	id.	38,10	Temps couvert.
17 id.	id.	48,98	Beau.
19 id.	id.	5,72	Beau temps, mais il a plu le 18 et pendant la nuit.
24 id.	id.	3,72	Temps sombre, couvert, il a plu.
26 id.	id.	0,71	Pluie et grêle, vent violent. L'isolation s'élève à 83 mégohms aussitôt que la pluie a cessé.
28 id.	id.	1.437,00	Beau, clair, froid vif.

déviation qu'ils donnaient n'étant jamais supérieure à 2 divisions, il était impossible de remarquer les petites variations de l'isolement.

Ces chiffres montrent l'effet considérable que la surface de perte a sur l'isolement d'une ligne ordinaire; l'expérience faite le 12 février a été très-remarquable, puisque l'isolement des isolateurs ordinaires est tombé de 23 mégohms à 1,1 mégohm en peu de minutes après que la pluie a commencé à tomber. Le 26, on a remarqué aussi que l'isolement s'est élevé dès que la pluie et la grêle ont cessé de tomber, et qu'un vent violent soufflant en même temps a séché la surface des isolateurs. Ce changement s'est produit de même au bout de quelques minutes.

La pluie du 26 avait nettoyé la surface des isolateurs, ce qui explique l'isolement élevé obtenu pendant la forte gelée du 28.

Les expériences avaient lieu le matin vers 7 heures.

Il faut remarquer que tandis que toutes ces variations se produisaient dans les isolateurs ordinaires, l'isolement des isolateurs nouveaux est resté constamment le même (autant qu'on a pu le constater).

Il y a lieu également de noter que, même par la gelée, l'isolement est resté bon : on eût pu craindre cependant que la coagulation de l'huile n'empêchât un résultat aussi favorable.

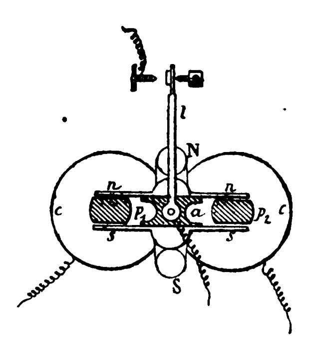
(*Telegraphic Journal.*)

RELAIS THEILER.

L'originalité de ce relais consiste dans la forme de son armature aimantée et dans sa combinaison avec un électro-aimant qui permet d'en utiliser toute la puissance.

La figure donne le plan du relais.

Il se compose d'un électro-aimant *cc*, dont p_1 et p_2 sont les pôles. Deux languettes légères, ou barreaux de fer doux, *nn*, et *ss*, sont montées sur un axe dont le pivot est en *a* ; les parties planes de ces languettes se font face l'une à l'autre et sont tenues à distance l'une de l'autre par une petite pièce de laiton que l'on voit dans le dessin représentée par une partie ombrée. L'armature, par le fait, ressemble un peu à un double diapason.



Cette armature est aimantée par un aimant permanent d'acier en forme de fer à cheval et dont les deux pôles sont NS. Ces pôles sont très-rapprochés des appendices saillants qui se trouvent au milieu des languettes *nn*, *ss*.

Les pôles de l'aimant communiquent leur polarité aux extrémités des languettes voisines ; par conséquent, quand l'électro-aimant est aimanté par un courant, l'armature entière tend à tourner autour de l'axe situé au point *a*.

A l'armature est fixée une tige de cuivre *l* qui porte à son extrémité la pointe de contact habituelle en platine, qui joue entre une vis isolée et une vis de contact.

Ce relais donne de très-bons résultats, principalement pour le travail à grande vitesse.

(*Telegraphic Journal.*)

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

EXPÉRIENCES FAITES AUX PHARES DE SOUTH FORELAND.

Les applications de plus en plus nombreuses de la lumière électrique, tant pour le service des phares que pour l'éclairage des ateliers et les chantiers, et pour les opérations militaires à terre et en mer, donnent un grand intérêt aux expériences qui viennent d'avoir lieu en Angleterre aux deux phares de South Foreland.

Ayant à commander les machines nécessaires pour l'éclairage électrique des phares du cap Lizard, l'administration anglaise résolut de convier à un concours les différents constructeurs de machines dynamo-électriques, se réservant de charger de l'installation celui dont les machines seraient sorties victorieuses de cette épreuve.

Un programme fut rédigé par John Tyndall et le concours eut lieu. De nombreuses expériences furent faites en janvier, février et mars 1877 sur les machines présentées. Aujourd'hui, les ingénieurs, sous la direction et le contrôle desquels furent faites toutes ces expériences, MM. John Tyndall et J. Douglass, viennent de publier leurs rapports. Ces rapports sont trop étendus pour qu'il nous soit possible d'en reproduire une traduction complète; mais il nous semble intéressant d'en extraire quelques chiffres.

Sans vouloir faire l'historique de la lumière électrique, rappelons toutefois, en quelques mots, quel est l'état actuel de la question, afin de bien préciser dans quelles conditions s'ouvrit le concours qui nous occupe.

C'est sir Humphrey Davy qui, le premier, montra qu'un

courant électrique passant entre deux cônes de charbon produisait un foyer lumineux d'une grande intensité. Tant que pour produire ce courant on fut obligé de se servir de piles, aucune application industrielle ne fut possible, par suite de l'élévation du prix de revient du courant et de l'embarras du fonctionnement de ces piles. Pendant longtemps, la lumière électrique fut donc un simple objet de curiosité, dont l'emploi se bornait à quelques expériences de laboratoire et dont, un peu plus tard, on fit usage dans les théâtres et pour projeter des images sur la toile dans les salles de conférences. Mais bientôt Faraday (1831) découvrit l'existence des courants d'induction engendrés par le magnétisme, et Pixii construisit la première machine magnéto-électrique. Saxton, Clarke, Ritchie modifièrent ou transformèrent cette première machine, mais toutes celles qui portent le nom de ces célèbres physiciens, suffisantes pour les usages du laboratoire ou pour les applications à la thérapeutie, étaient trop faibles pour produire de la lumière.

La première assez puissante pour cela fut celle de Holmes, dont les machines dites de l'*Alliance* ne sont qu'une modification. Dès 1858, ce type était employé à l'éclairage des phares de South Foreland, puis à celui de Dungeness, et enfin peu après aux phares de la Hève près du Havre, au cap Grisnez, au canal de Suez, et successivement dans un grand nombre de points sur les côtes de la France, de l'Angleterre, de la Russie, de l'Autriche et de la Suède.

Les progrès furent alors extrêmement rapides; dès 1854, Siemens avait imaginé l'armature qui porte son nom et qui est employée dans les machines magnéto-électriques plus récentes de Siemens, de Ladd et de Wilde.

Toutes ces machines cependant, dont les courants sont produits par l'influence d'aimants permanents, ont de nombreux inconvénients. Leur poids et leur volume sont considérables et leur puissance est limitée par l'intensité du magnétisme des aimants permanents, toujours très-faible comparée à celle des électro-aimants. De plus, leur permanence n'existe pas en réalité, chaque année les aimants s'affaiblissent et bientôt il devient indispensable soit de les changer, soit de les aimanter de nouveau.

C'est vers 1867 que l'aimant permanent fut remplacé par l'électro-aimant, recevant son magnétisme de la machine même. Ainsi se trouvait complétement réalisé le problème de la transformation directe du travail dynamique en lumière. Les nouvelles machines constituaient donc tout d'abord un progrès considérable et vinrent modifier profondément les conditions économiques de la production de l'électricité pour les usages industriels et notamment pour la production de la lumière électrique.

Le principe de ces machines, dont plusieurs physiciens (*) se disputent aujourd'hui la priorité et dont la découverte fut en réalité le résultat d'un grand nombre de recherches simultanées et indépendantes les unes des autres, consiste essentiellement dans l'utilisation, au départ de la machine, du magnétisme *Résiduel* ou *Rémanent* des fers doux des électro-aimants. Ce magnétisme, tout faible qu'il soit, suffit pour engendrer un premier courant, très-faible également, dans les fils des bobines mobiles, et ce courant, dirigé à son tour dans les électro-aimants, augmente le magnétisme des fers doux qui réagissent alors plus énergiquement sur les bobines. Un nouveau courant plus fort que le premier est produit,

(*) Siemens, Wheatstone et S. Alfred Varley.

réagit à son tour sur les électro-aimants et ainsi de suite, de sorte qu'après un petit nombre de révolutions les électro-aimants sont chargés à saturation, et le courant produit a acquis toute l'intensité compatible avec la construction de la machine et la vitesse imprimée à son armature mobile.

Sur ce principe, de nombreuses machines furent rapidement construites, et nous retrouvons les noms de Wilde, de Wheatstone, de Ladd, de Varley parmi ceux des physiciens qui les premiers arrivèrent à des résultats intéressants; puis enfin vinrent les machines beaucoup plus puissantes et plus économiques de Gramme et de Siemens. Pendant quelques années la première de ces machines fut *industriellement* sans rivale, et elle semblait avoir complétement résolu le problème si longtemps cherché de la production tout à fait économique de l'électricité; mais tandis que l'inventeur, perfectionnant son œuvre, améliorait chaque jour ses machines, et les appropriait aux différents usages, Siemens travaillait de son côté et présentait, l'année dernière, à l'exposition des instruments scientifiques de *South Kensington Museum* une machine qui attira très-vivement l'attention et qui, par son peu de volume, le peu de force que réclamait sa mise en mouvement et la quantité d'électricité qu'elle donnait, semblait devoir disputer victorieusement la première place à celle de Gramme.

C'est dans ces conditions que s'ouvrit le concours dont nous allons maintenant indiquer brièvement les résultats.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, les essais eurent lieu aux phares de South Foreland, où l'on pouvait disposer d'une installation qu'on n'aurait pu trouver nulle part ailleurs. Ces phares, en effet, depuis longtemps alimentés par l'électricité, sont munis de tous les éléments néces-

saires pour un concours de ce genre. La salle des machines est pourvue de moteurs et de transmissions spécialement installés pour mettre en mouvement des machines dynamo-électriques; des commutateurs et des câbles convenables permettent d'envoyer à volonté les courants dans l'une ou l'autre des lanternes de cette station. De plus, l'existence même de deux phares à une faible distance l'un de l'autre permettait de faire disparaître, par des mesures simultanées, toutes les erreurs qu'il est impossible d'éviter lorsque les lumières à comparer ne peuvent être observées que successivement.

Chacune des machines fut d'abord comparée aux machines de Holmes et de l'*Alliance* qui, depuis longtemps, sont en service à ce phare, puis les différentes machines furent comparées entre elles. Et afin de se mettre à l'abri de toutes les causes d'erreur inhérentes à l'installation même, chacun de ces essais fut double, c'est-à-dire qu'après avoir comparé la lumière donnée par le phare supérieur avec l'une des machines à celle du phare inférieur actionné par l'autre, on intervertissait cette disposition, et l'on comparait la lumière de chacun d'eux alimenté par la machine qui était en relation avec l'autre dans le premier essai.

La consommation de charbon, le travail absorbé, la lumière produite, la vitesse des machines, en un mot toutes les circonstances de l'essai étaient soigneusement notées et chaque mesure était répétée plusieurs fois. Un yacht de l'administration mis à la disposition des expérimentateurs permettait en outre d'aller au large juger de la puissance de pénétration des différentes lumières à des distances variables et dans une atmosphère plus ou moins transparente.

Les machines en expériences étaient au nombre de

huit, savoir :

Deux machines de Holmes.

Une machine de l'*Alliance*.

Ces machines faisant le service ordinaire du phare servaient de type de comparaison et de point de départ pour évaluer la valeur des cinq autres en vue desquelles avait lieu le concours :

Une machine de Gramme n° 1.
— — n° 2.

Ces deux machines étaient de construction anglaise ; les constructeurs français de la machine Gramme ne s'étant pas présentés à ce concours :

Une machine de Siemens, grand modèle n° 1.
— — petit modèle n° 58.
— — — n° 68.

Enfin M. Wilde, qui avait d'abord annoncé sa participation au concours, n'ayant pas accepté le programme proposé pour les essais, s'était retiré.

Avant de reproduire le tableau des résultats obtenus, nous devons donner un mot d'explication sur la manière dont ont été mesurées les intensités lumineuses pour chaque machine.

Dans les machines de Holmes et dans les machines de l'*Alliance*, le courant étant alternativement dans un sens et dans l'autre, les deux charbons s'usent également, se taillent naturellement en cône, et le foyer lumineux rayonne également et sans obstacle dans toutes les directions. Il n'en est plus de même dans les machines de Gramme et de Siemens, dont le courant est toujours de même sens. Le charbon positif placé au-dessus s'use plus rapidement que l'autre et se creuse en forme de cratère tandis que le charbon négatif s'allonge en pointe. Or, le point le plus brillant se trouve précisément au fond du

cratère du charbon positif, et les bords de ce cratère empêchent ce point de rayonner librement vers l'horizon. On remédie facilement à cet inconvénient en ne plaçant pas les charbons dans le même axe, mais en les écartant de quelques millimètres (*). Le charbon positif, au lieu de se creuser en cratère, s'use en sifflet, et outre qu'il rayonne alors sans obstacle, il forme derrière le foyer lumineux une sorte d'écran et de réflecteur qui projette une plus grande quantité de lumière en avant, tandis que l'autre côté est dans une obscurité relative.

D'après les chiffres contenus dans le rapport de M. Douglass, qui a fait de nombreux essais pour apprécier l'importance de ce phénomène, en désignant par 100 l'intensité lumineuse distribuée régulièrement sur tout l'horizon, lorsque les deux charbons sont placés en prolongement l'un de l'autre, on obtient, en les plaçant comme nous venons de l'indiquer :

En avant, une intensité lumineuse de.	287
Latéralement à 90°.	116
En arrière.	38

L'intensité moyenne sur toute la circonférence peut alors être représentée par 139 (**), ce qui montre que les charbons placés de cette manière produisent réellement plus de lumière avec le même courant. Si, comme cela arrive très-fréquemment, on n'a besoin d'éclairer qu'une demi-circonférence, on aura alors, en orientant convenablement la lampe, une intensité moyenne de 173 (***) sur toute cette demi-circonférence.

(*) On avance le charbon inférieur d'une quantité égale à la moitié de son épaisseur, de telle sorte que son axe soit dans le prolongement de la face antérieure du charbon supérieur.

(**) Soit $\frac{287 + 116 + 116 + 38}{4}$.

(***) Soit $\frac{287 + 116 + 116}{3}$.

Il était donc très-important de tenir compte de ce fait dans la comparaison des machines à courants continus. Il eût été nécessaire de prendre deux mesures photométriques, la première avec les charbons placés dans le même axe et rayonnant vers tous les points de l'horizon une lumière uniforme, la seconde avec le charbon négatif un peu en avant du charbon positif, concentrant dans une direction spéciale une lumière plus intense. Mais reculant sans doute devant la difficulté qu'auraient entraînée ces deux comparaisons, et en considération du peu d'intérêt que cela aurait eu dans le cas considéré, les expérimentateurs prirent toutes leurs mesures photométriques avec les charbons placés dans leur situation la plus avantageuse. Pour pouvoir comparer entre eux les nombres obtenus avec les différentes machines dans le cas où tout l'horizon serait également éclairé, on a diminué le chiffre obtenu avec les machines à courant continu dans le rapport de 173 à 100, c'est-à-dire que ces nombres ont été multipliés par 0,603, coefficient qui, comme nous venons de le dire, représente le rapport de la lumière qui serait également répartie sur tout l'horizon à celle qu'on obtient dans la demi-circonférence de l'avant seulement.

Le tableau ci-dessous donne le résumé de tous les résultats obtenus dans ces essais. Pour l'évaluation de l'intensité lumineuse, nous avons conservé les nombres mêmes du rapport de M. Douglass, exprimés en bougies (*Standard Candles*). Nous dirons seulement que la bougie prise pour unité en Angleterre correspond à 1/8 du bec Carcel, type brûlant 42 grammes d'huile à l'heure.

DÉSIGNATION des machines.	DIMENSIONS des machines.	POIDS.	TRAVAIL dépensé.	NOMBRE de tours par minute.	INTENSITÉ de la lumière.		LUMIÈRE PRODUITE par cheval-vapeur.		DIMENSIONS des charbons.	ORDRE de mérite.	PRIX.
					1/2 circonférce d'avant.	Moyenne.	1/2 circonférce d'avant.	Moyenne.			
	mètres.	kilogr.	chevaux.		bougies.	bougies.	bougies.	bougies.	millim.		fr.
Holmes. . . .	Longueur. 1.50 Largeur. . 1,32 Hauteur. . 1,57	2.604	3,2	400	1.523	1.523	476	476	9,53	VI	13.750
Alliance. . .	Longueur. 1,32 Largeur. . 1,37 Hauteur. . 1,47	1.849	3,6	400	1.953	1.953	543	543	9,53	V	12.350
Gramme n° 1.	Longueur. 0,78 Largeur. . 0,78 Hauteur. . 1,25	1.294	5,3	420	6.663	4.016	1.257	758	12,7	IV	8.000
Id. n° 2.	Longueur. 0,78 Largeur. . 0,78 Hauteur. . 1,25	1.294	5,74	420	6.663	4.016	1.257	758	12,7	IV	8.000
Siemens grand modèle n° 1.	Longueur. 1,14 Largeur. . 0,73 Hauteur. . 0,35	591	9,8	480	14.818	8.932	1.512	911	17,4	III	6.625
Siemens petit modèle n° 58.	Longueur. 0,66 Largeur. . 0,73 Hauteur. . 0,25	190	3,5	850	5.539	3.339	1.582	954	12,7	II	2.500
Id. n° 68.	Longueur. 0,66 Largeur. . 0,73 Hauteur. . 0,25	190	3,3	850	6.864	4.138	2.080	1.254	12,7	I	2.500

En examinant ce tableau, on voit qu'à tous les points de vue, sauf à celui de la vitesse de rotation, la machine Siemens de petit modèle l'emporte de beaucoup sur les autres. Elle est plus légère, moins volumineuse et donne pour la même quantité de travail dépensé une plus grande quantité de lumière.

On peut également, par la comparaison de ces chiffres, se rendre compte des progrès accomplis depuis quelques années, en remarquant que le rendement du cheval-vapeur en lumière a plus que doublé depuis 1860, époque à laquelle les machines de Holmes et de l'*Alliance* étaient sans rivales. C'est d'un bon augure pour l'avenir, et nous pouvons en conclure que l'éclairage électrique ne tardera pas à prendre dans les usages industriels une place prépondérante. De nouveaux progrès ne tarderont sans doute pas à se réaliser. Déjà dans une lettre adressée à l'*Engineering*, M. H. Fontaine, le représentant en France de M. Gramme, nous fait remarquer que les machines essayées à South Foreland sont d'un type déja ancien, que depuis 1874 de nombreux perfectionnements y ont été apportés et que les machines du type actuel donnent des résultats meilleurs. Il annonce en outre qu'il a en ce moment en construction des machines dont les dimensions ne dépasseront guère celles de Siemens et d'un poids un peu moindre, qui pour une force de 3 chevaux donneront un foyer lumineux de 7.500 bougies.

Le rendement de ces machines dépasserait donc d'une manière sensible celui de la machine Siemens n° 68 qui ne donne que 6.804 bougies pour 3 chevaux. Il est très-regrettable que les constructeurs français de la machine Gramme n'aient pas pris part au concours de South Foreland, où la valeur de leurs machines aurait pu être établie sans conteste.

DÉSIGNATION des machines.	DIMENSIONS des machines.	POIDS.	TRAVAIL dépensé.	NOMBRE de tours.	INTENSITÉ de la lumière.		LUMIÈRE par cheval dépensé.		DIMENSIONS des charbons.	PRIX.
					1/2 circonférence d'avant.	Moyenne.	1/2 circonférence d'avant.	Moyenne.		
	mètres.	kilogr.	chevaux.		bougies.	bougies.	bougies.	bougies.	millim.	fr.
Holmes 2 machines.	Longueur . . 3,00 Largeur. . . 1,32 Hauteur. . . 1,57	5.208	6,5	400	2.811	2.811	432	432	12,7	27.500
Gramme n° 1 et n° 2.	Longueur . . 1,56 Largeur. . . 0,78 Hauteur. . . 1,25	2.588	10,5	420	11.396	6.869	1.085	654	17,4	16.000
Siemens n° 58 et n° 68.	Longueur . . 1,82 Largeur. . . 0,73 Hauteur. . . 0,25	380	6,6	850	14.134	8.520	2.141	1.291	17,4	5.000

Dans son rapport, M. Douglass signale également les résultats très-remarqables obtenus en accouplant ensemble deux machines pour produire un seul foyer lumineux. Son but, en essayant cette disposition, était de doubler en temps de brume la puissance d'un phare normalement alimenté par une seule machine.

Des expériences furent faites avec deux machines de Holmes, avec deux machines Siemens petit modèle et avec les deux machines de Gramme.

Non-seulement les machines fonctionnèrent d'une manière très-satisfaisante dans ces essais, mais encore le foyer unique obtenu par l'accouplement des deux machines Siemens fut supérieur à la somme des foyers obtenus avec chaque machine fonctionnant isolément.

Quant à la marche générale des machines, pour toutes elle fut satisfaisante. Pendant plusieurs nuits, les phares de South Foreland furent alimentés avec chacune de celles en expérience, et pendant toute la durée de ces essais on ne constata aucun inconvénient de nature à nuire à la régularité de la marche qu'on exige des appareils employés à un service de cette importance.

En raison de leur petit volume, de la supériorité de leur rendement et de l'extrême simplicité de leur construction, M. Douglass conclut donc en faveur des machines Siemens petit modèle, et propose leur adoption pour les phares du cap Lizard.

GIRAUDIÈRE.

(*Annales industrielles.*)

CHRONIQUE.

Le Phonographe.

Sir William Thomson, en présentant le phonographe à la Société royale d'Édimbourg, l'a signalé comme un perfectionnement de la plume électrique. L'invention de cet appareil résulterait de la combinaison du téléphone avec la plume électrique.

Le phonographe a fait son apparition à Paris : il a fonctionné devant l'Académie des sciences le 11 mars, et, devant la Société de physique, le 15 mars (*).

Chronique du Téléphone (**).

Conférence sur le Téléphone. — M. Preece a lu, le 1er février dernier, devant la Royal Institution, un mémoire sur le téléphone.

Le téléphone, dit M. Preece, est un instrument construit pour la transmission du son à distance. L'art de transmettre les sons à distance date de loin, les Grecs l'ont mis en pratique et il a dû servir plus d'une fois à remplir d'une sainte frayeur le païen naïf agenouillé devant son idole de pierre ou de bronze. Dans la période historique de la science, il faut remonter jusqu'en 1667 pour rencontrer l'idée première du téléphone. A cette époque, Robert Hooke écrivait :

« Il n'est pas impossible d'entendre un son émis à 200 yards de distance, cela a déjà été fait ; et peut-être pourrait-on en-

(*) Voir au Bulletin administratif, page 224.
(**) Voir au Bulletin administratif, page 224.

tendre également à une distance dix fois plus grande. Bien que quelques auteurs célèbres affirment qu'il n'est pas possible d'entendre parler quelqu'un à travers la plaque de verre de Moscou la plus mince, je sais pourtant un moyen qui permet d'entendre assez facilement la voix d'une personne à travers un mur d'un yard d'épaisseur.

On n'a pas encore étudié tous les perfectionnements dont est susceptible le cornet acoustique, ni toutes les manières de faire arriver rapidement le son à notre oreille par sa transmission à travers des corps autres que l'air: car l'air n'est pas le seul intermédiaire dont on puisse user pour transmettre le son, et, à l'aide d'un fil tendu, j'ai pu transmettre instantanément à une grande distance et avec une vitesse presque aussi rapide que celle de la lumière, ou du moins bien plus grande que celle du son à travers l'air; et cela non-seulement sur une ligne droite, mais aussi sur une ligne brisée présentant plusieurs angles. »

Cette invention resta à l'état d'idée jusqu'en 1819, époque à laquelle Wheatstone imagina sa *lyre magique*, qui ne fit que précéder le téléphone joujou ou téléphone à ficelle.

M. Preece explique ensuite les principes élémentaires des vibrations sonores, c'est-à-dire la hauteur, l'amplitude et le timbre, et il démontre comment les vibrations communiquées à l'air par le langage articulé peuvent être enregistrées sur le papier à l'aide du logographe de Barlow. Il rappelle et développe les expériences qui ont permis à Page, Gray, Bell et Edison de reproduire les sons à l'aide des vibrations électriques. Il montre, par une expérience très-élégante due à M. Edmunds, que les vibrations sonores peuvent transmettre des courants électriques dont le nombre varie avec la hauteur de la note. Cette expérience consiste à placer un transmetteur téléphonique de Reiss dans le circuit du fil primaire d'un inducteur dont le fil secondaire est relié à un tube à vide tournant. La variation dans la vitesse avec laquelle les contacts sont établis ou rompus quand on parle dans le transmetteur produit des effets marqués sur la décharge qui traverse le tube. M. Preece décrit ensuite les téléphones musicaux de Reiss, Gray et Edison, et il explique que ces appareils ne peuvent reproduire que la hauteur de la note; puis il fait voir, à

l'aide d'un galvanomètre de Thomson, comment, dans le téléphone de Bell, le mouvement de la membrane de fer produit des courants électriques; en appuyant sur la membrane, on remarque une déviation sur l'échelle du galvanomètre. Il décrit ensuite complétement la construction du téléphone de Bell, etc.

Pour terminer, M. Preece présente le phonographe d'Edison, qui a fait ainsi sa première apparition en Angleterre.

(*Telegraphic Journal.*)

Sensibilité du Téléphone. — M. le colonel de Champvallier communique à l'Académie les résultats d'expériences téléphoniques faites sur deux lignes reliant, l'une, deux stations de l'École d'artillerie de Clermont-Ferrand, distantes de 14 kilomètres; l'autre, les observatoires de Clermont et du Puy-de-Dôme (15 kilomètres). A ces distances, le téléphone a bien fonctionné. Les fils qui constituent ces deux lignes sont supportés par les mêmes poteaux sur un parcours de 10 kilomètres; ils sont séparés par une distance de $0^m,85$, et un autre fil est placé entre eux sur les mêmes poteaux. M. de Champvallier a constaté :

1° Qu'on peut communiquer téléphoniquement entre les deux stations de l'École, même quand on travaille avec l'appareil Morse sur les fils voisins;

2° Qu'on lit couramment au son sur les téléphones du fil de l'École, les transmissions Morse échangées sur les fils voisins, même quand ces fils sont séparés par un autre fil de celui de l'École : toutefois, le son perçu est beaucoup plus faible;

3° Quand on parle au moyen du téléphone sur le fil de l'observatoire, on entend nettement la voix sur le fil de l'École; on reconnaît le timbre, et l'on peut distinguer si c'est un homme ou une femme qui parle; on peut même entendre l'articulation, quand aucun bruit étranger ne contrarie l'audition;

4° Il suffit d'un parcours commun de 300 mètres pour recevoir, sur une ligne téléphonique, la transmission Morse échangée sur un fil voisin;

5° Deux lignes téléphoniques *voisines*, mais sans *communication*, mélangent leurs dépêches, et il est arrivé de répondre

au Puy-de-Dôme et d'en recevoir une dépêche aux stations de l'École, sans que les fils soient nulle part rapprochés de plus de $0^m,85$;

6° Sept téléphones ont été mis dans le même circuit, et sept personnes ont pu entendre la même dépêche, soit Morse, soit téléphonique soit même induite téléphoniquement, sans affaiblissement appréciable de l'intensité du son.

Dans ces expériences, la ligne téléphonique était formée d'un fil unique avec la terre aux deux extrémités.

M. Warren de la Rue a constaté que les courants téléphoniques ordinaires ont une intensité plus faible que celle d'un élément Daniell à travers une résistance de 100 megohms.

Plusieurs expérimentateurs font remarquer que le téléphone peut être employé à vérifier l'existence des courants les plus faibles, et qu'on peut s'en servir pour transmettre des signaux avec une pile très-faible, par une manipulation analogue à celle de l'appareil Morse.

M. Niaudet propose de faire passer le courant dont on veut reconnaître l'existence dans le fil primaire d'une bobine d'induction et d'intercaler un téléphone dans le fil secondaire. Le premier circuit étant soumis à des interruptions rapides, le téléphone engendre des sons.

M. Rollo Russell a pu entendre l'articulation et les sons d'une boîte à musique à travers un circuit composé d'un fil de cuivre nu, reposant sur l'herbe, sur une longueur de 400 mètres, les fils d'aller et de retour étant tenus écartés l'un de l'autre.

En se servant d'un fil enterré dans de la terre glaise humide, sur un parcours de 20 mètres de longueur, ou plongé dans une nappe d'eau d'une trentaine de mètres de longueur, il a pu entendre presque aussi bien qu'avec des fils isolés.

On sait que l'électromètre à mercure de Lippmann est si sensible qu'un courant de 1/1.000 d'éléments Daniell fait déplacer la colonne mercurielle; la grandeur du déplacement

varie peu si l'on intercale dans le circuit des résistances de 5.000 ohms ou de 1/50 de ohm. M. Page, du laboratoire physiologique du collége de l'Université, a mis cet électromètre en communication avec un téléphone : én appuyant sur la membrane, la colonne mercurielle se déplace; le déplacement se produit en sens contraire en intervertissant les communications. Quand on chante dans le téléphone, chaque note produit un mouvement; mais l'effet le plus grand est fourni par la fondamentale de la plaque, les octaves et les quintes. Quand on parle, le mercure oscille continuellement; quelques lettres de l'alphabet ont un effet presque nul; l'effet de la lettre *w* est à noter, elle produit un double mouvement. Le mouvement est toujours dirigé vers l'extrémité capillaire du tube, et sa direction ne change pas quand on intervertit les communications; cela tient à ce que le mercure tend à se mouvoir plus rapidement lorsque le courant est dirigé vers la partie capillaire que lorsqu'il a la direction contraire : alors, quand l'appareil est traversé par une série de courants ondulatoires, le mercure se déplacera vers la partie capillaire, puisque ses déplacements en sens contraires sont masqués par la lenteur relative avec laquelle il se meut dans cette direction.

On constate le même phénomène en intercalant le téléphone dans le circuit primaire d'une bobine d'induction, et l'électromètre à mercure dans le circuit secondaire.

M. Page a cherché aussi l'action des courants téléphoniques sur les cuisses des grenouilles, en introduisant sous les nerfs sciatiques deux fils de platine reliés aux bornes d'un téléphone; quand on parle dans le téléphone, on observe des contractions violentes.

M. Antoine Bréguet a essayé d'utiliser la réversibilité de l'électromètre capillaire à la construction d'un appareil téléphonique. Les vibrations d'une membrane placées devant l'ouverture du tube déterminent des déplacements dans le ménisque, lesquels engendrent des courants qui, traversant le second électromètre, font mouvoir le ménisque de ce dernier dont les vibrations se communiquent par l'air à la seconde membrane.

Recherches sur les téléphones. — M. A. Bréguet a constaté que l'épaisseur des plaques a peu d'influence sur la réception : il a pu augmenter l'épaisseur de la membrane vibrante du téléphone récepteur jusqu'à en faire un bloc de fer de 15 centimètres d'épaisseur, sans cesser d'entendre aussi distinctement. De plus, les vibrations peuvent être transmises par une partie quelconque de l'instrument : les bornes de cuivre, le manche, la coquille, etc. M. Bréguet a vérifié ce fait en fixant en divers points de l'instrument des crochets auxquels on attache des cordons aboutissant à des cornets de manière à constituer le joujou connu sous le nom de *téléphone à ficelle*. De cette façon une seule personne parlant dans un téléphone pourra se faire entendre de plusieurs personnes munies de cornets reliés par des ficelles au téléphone récepteur. (Voir le procédé imaginé, dans le même but, par M. Mckendrick, livraison précédente, page 112.)

M. Bréguet a remarqué que la note reçue dans un téléphone est encore perçue quand on superpose du bois, du caoutchouc, et en général des substances quelconques à la membrane de fer. D'où la conclusion que l'expérience de Page ne peut être invoquée à l'appui du phénomène; car, sans fer doux, aucun son sensible n'est perçu : l'aimant et la bobine ne suffisent donc pas à lui donner naissance. Mais chaque changement d'état magnétique du barreau produit, dans une masse de fer voisine, un ébranlement magnétique qui se transforme en ébranlement mécanique, et ce dernier se propageant par diffusion dans toutes les substances faisant corps avec la masse de fer, on comprend que toutes les parties du téléphone peuvent servir à faire entendre des sons.

Dans des expériences faites en Italie, on a essayé de substituer à la membrane de fer des matières non magnétiques : aucun son n'aurait été obtenu; mais les sons se faisaiént entendre dès qu'on fixait avec de l'amidon de la limaille de fer sur les lames vibrantes, quelle que fût la matière qui les constituât. Ces expériences confirment la manière de voir de M. A. Bréguet sur la nécessité de la membrane de fer; mais elles sont en contradiction avec celles de M. Blyth. (Voir livraison précédente, page 111.) De plus, suivant le *Telegraphic Journal*, M. Spottiswoode aurait encore vérifié qu'on peut rece-

voir les sons avec un téléphone dépourvu de tout diaphragme, en plaçant l'extrémité de l'aimant près de l'oreille. Aussi M. du Moncel émet-il l'avis que les vibrations qui reproduisent la parole dans le téléphone récepteur sont principalement reproduites par le noyau métallique enveloppé par la bobine, et, par conséquent, sont de la même nature que celles qui ont été étudiées dans les tiges électro-magnétiques résonnantes de MM. Page, Henry, Wertheim, etc.

Avertisseur téléphonique. — M. Blondlot a imaginé un avertisseur téléphonique, qui consiste en un diapason aimanté vibrant entre les pôles d'un aimant recourbé dont chaque branche porte une petite bobine. Les vibrations du diapason sont transmises à un téléphone ordinaire fixé en face d'un résonnateur accordé sur ce diapason. Le son peut être entendu de tous les points d'une grande pièce. Cet appareil est analogue aux avertisseurs décrits dans la précédente livraison, page 115.

Réglage du téléphone. — M. Antoine Bréguet propose d'employer, pour ariver rapidement à un réglage précis de l'instrument, un diapason entretenu électriquement, et vibrant à proximité du pôle actif d'un téléphone de Bell, dont on a enlevé la plaque. En rapprochant alors la plaque de l'aimant dans le téléphone récepteur, on remarque que la note du diapason se renforce graduellement, jusqu'au moment où le contact le plus léger s'établissant, le son s'altère brusquement, et cesse si le contact est rendu plus intime.

Renforcement des sons téléphoniques. — M. Demoget indique le moyen suivant pour augmenter l'intensité des sons téléphoniques : « En avant, et à 1 millimètre de distance de la plaque vibrante du téléphone de M. Bell, on place une ou deux plaques vibrantes semblables, en ayant soin de percer, dans la première et au centre, un orifice circulaire d'un diamètre égal à celui du barreau aimanté ; dans la deuxième, un orifice d'un diamètre plus grand : on augmente ainsi non-seulement l'intensité des sons transmis, mais encore leur netteté. Aux extrémités d'une ligne de 30 mètres, disposée aux étages d'une

maison, on peut très-bien converser à demi-voix, et l'on entend très-distinctement les syllabes muettes, telles que *che*, *me*.

« Par cette disposition, la masse vibrante magnétique en regard de l'aimant étant plus grande, la force électromotrice des courants est augmentée, et, par conséquent, les vibrations des plaques du deuxième téléphone. »

Bien que les téléphones fonctionnent avec des lames vibrantes très-épaisses, quelques expérimentateurs ont reconnu cependant qu'ils étaient d'autant plus sensibles que la lame vibrante était plus mince. M. E. Duchemin emploie une lame de mica ecessivement mince, saupoudrée de fer porphyrisé, qu'il fixe sur la plaque au moyen d'une couche de silicate de potasse. On pourrait ainsi correspondre à voix basse.

Téléphone à ficelle. — M. A. Bréguet a cherché à rendre le téléphone à ficelle plus pratique qu'il ne l'était, en lui donnant la possibitité de subir des supports, afin de soutenir de place en place une grande longueur de fil en ligne droite, et aussi afin de pouvoir faire tracer des angles au fil.

Il a atteint ce but avec facilité en fixant au centre d'une membrane de parchemin le sommet des angles formés par deux ou plusieurs ficelles. Le son porté par l'une d'elles se propage alors dans toutes les autres. Si l'on fait passer la ficelle à travers les centres des membranes, celles-ci serviront de supports pour les longues portées rectilignes; M. Lartigue a imaginé une disposition analogue.

M. A. Bréguet a aussi employé de véritables relais pour atteindre au même but, en faisant aboutir les fils à des membranes qui fermaient les deux ouvertures d'un cylindre de laiton. Ce cylindre joue le rôle d'un tube acoustique ordinaire. Sa forme peut être quelconque; on peut donc ainsi réaliser également des supports et franchir des angles.

Téléphones à courant de pile. — Il résulte des expériences de MM. Pollard et Garnier, ingénieurs de la marine à Cherbourg, que si, en employant pour téléphone transmetteur le système a plombagine d'Edison, et pour téléphone récepteur

le système Bell, on fait passer le courant voltaïque à travers l'hélice inductrice d'un appareil d'induction de Ruhmkorff, dont le fil induit est relié à la bobine du téléphone récepteur, *celui-ci, qui n'avait produit aucun son sous l'influence seule du courant voltaïque, pourra en produire de très-accentués sous l'influence des courants induits qui en proviennent;* on peut donc de cette manière *renforcer phonétiquement* les effets déterminés par les courants voltaïques. Si les vibrations de la lame du téléphone récepteur étaient semblables à celles du téléphone transmstteur, il est facile de concevoir qu'en substituant au téléphone récepteur un téléphone à la fois *récepteur et transmetteur*, ayant sa pile locale, ce dernier pourrait réagir comme un relais, grâce à l'intermédiaire de la bobine d'induction, et pourrait ainsi, non-seulement amplifier les sons, mais encore les transmettre à toute distance; mais il n'est pas prouvé que les vibrations des deux lames en correspondance soient de la même nature. Pour obtenir les effets dont il vient d'être question, il n'est pas besoin d'un appareil d'induction énergique : une petite bobine de Ruhmkorff, de 10 centimètres de longueur, présentant cinq couches de spires de fil n° 16 pour l'hélice inductrice et vingt couches de fil n° 32 pour l'hélice induite, suffit parfaitement pour faire qu'un téléphone de Bell, insensible à l'action du courant d'un élément Daniell, transmette la parole aussitôt que ce courant a passé par cette bobine. On a même reconnu que cette amélioration des sons produits pouvait se faire avec des courants induits de deuxième ordre et même de troisième ordre, et les résultats sont d'autant meilleurs que le fil de la bobine du téléphone est plus fin. Aussi MM. Pollard et Garnier emploient-ils toujours maintenant du fil n° 42, ce qui donne à cette bobine une résistance de 150 à 200 kilomètres.

Quand, avec le système précédent, on emploie des courants forts, tels que ceux qui sont fournis par une pile à bichromate de potasse de *six* éléments ou de *douze* éléments Leclanché, les paroles peuvent être entendues à 50 ou 60 centimètres de l'embouchure du téléphone, et les sons musicaux peuvent être perçus à plusieurs mètres. Pour obtenir ces résultats, le transmetteur doit être disposé de la manière suivante :

A l'une des extrémités d'une caisse cylindrique en bois est

adaptée une plaque de fer-blanc ou de laiton de 15 à 20 centièmes de millimètre d'épaisseur, et au-dessus une embouchure. De l'autre côté on installe deux porte-crayons, disposés de manière à permettre d'élever ou d'abaisser les pointes de plombagine qu'ils portent, et ces pointes doivent toujours être en contact avec la lame métallique vibrante, sous une pression qui doit être réglée. Par cette disposition, on obtient deux systèmes transmetteurs qui peuvent agir isolément ou collectivement, et qui étant associés en *tension* ou en *quantité*, peuvent être appropriés aux différentes longueurs de circuits. Toutefois, MM. Pollard et Garnier ont reconnu que les effets produits avec ces deux modes d'association ne présentent de différences sensibles que sur les circuits résistants, et l'avantage est à l'association en tension.

Téléphone à liquide de M. G. Salet. — Le problème général de la téléphonie, c'est-à-dire de la transmission lointaine de la parole, semble d'abord se confondre avec celui-ci : rendre les mouvements d'une membrane solidaires de ceux d'une autre membrane située à une grande distance, de telle sorte qu'à tout déplacement de la première corresponde dans la seconde un déplacement proportionnel et dans le même sens. Si l'on attache les deux membranes par un fil inextensible, on rend les déplacements égaux; c'est la solution la plus parfaite des deux problèmes.

Grâce à l'admirable instrument de M. Bell, on peut faire voir aujourd'hui que ces deux problèmes ne sont pas identiques. Ils n'ont pas le même degré de généralité. Le téléphone transmet fort bien la parole et, en général, les mouvements vibratoires analogues à ceux du pendule; mais la membrane recevante peut exécuter de tout autres mouvements que la membrane expéditrice. Si, par exemple, celle-ci reste immobile pendant un certain temps dans une *position quelconque*, la membrane recevante sera ramenée, pendant ce temps, à la *position d'équilibre*, la ligne n'étant alors traversée par aucun courant.

Il m'a paru intéressant de construire un téléphone dans lequel les mouvements des deux membranes soient absolument solidaires, et pour cela j'ai mis à profit la grande résis-

tance électrique des liquides. M. Bell avait déjà obtenu quelques résultats en attachant à la membrane vibrante un fil de platine communiquant avec une pile et plongeant, plus ou moins, dans de l'eau acidulée contenue dans un vase métallique relié lui-même, par la ligne, au téléphone receveur. J'ai substitué au fil de platine un petit levier d'aluminium portant une lame de platine; à une très-faible distance de celle-ci s'en trouvait une seconde en relation avec la ligne. Les vibrations de la membrane, triplées ou quadruplées dans leur amplitude, ne sont pas altérées dans leur forme, grâce à la petitesse et à la légèreté du levier; elles déterminent, dans l'épaisseur de la couche liquide traversée par le courant, et, par suite dans l'intensité de celui-ci, des variations, lesquelles en occasionnent de semblables dans la force attractive de l'électro-aimant récepteur. Sous son influence, la membrane recevante exécute des mouvements solidaires de ceux de la membrane expéditrice. Le son transmis est très-net et, résultat auquel on pouvait s'attendre, le timbre est parfaitement conservé. Les consonnes cependant n'ont pas tout le *mordant* de celles transmises par l'instrument de M. Bell : c'est un inconvénient qui apparaît surtout quand le levier est un peu lourd; on pourrait facilement le faire disparaître. L'électrolyse produit, en outre, un bruissement continu qui ne nuit guère à la netteté du son.

Comme dans ce système de téléphonie on ne demande pas à la voix de *produire*, mais seulement de *diriger*, le courant électrique engendré par une pile, on peut théoriquement augmenter à volonté l'intensité du son reçu. En réalité, j'ai pu faire rendre au récepteur des sons très-forts, et il semble que cet avantage compense largement la nécessité d'employer une pile et un appareil expéditeur assez délicat. Malheureusement la transmission ne peut se faire à des distances un peu considérables. Supposons qu'un certain déplacement de la membrane expéditrice détermine dans la résistance le même accroissement que 500 ou 600 mètres de fil. Si la ligne a 500 mètres, l'intensité du courant se trouvera réduite de moitié et la membrane recevante prendra une nouvelle position, notablement différente de la première; mais, si la ligne a 500 kilomètres, l'intensité du courant ne sera modifiée que

d'un millième; il faudrait donc employer une pile énorme pour que cette variation se traduisît par un changement sensible dans la position de la membrane recevante. Tels sont les avantages et les inconvénients des téléphones, fondés sur la conductibilité des liquides, que j'ai étudiée depuis plus de six mois avec le bienveillant concours de M. Bréguet.

(*Comptes rendus.*)

Correspondance télégraphique sans fils.

Nous avons mentionné dans notre précédente livraison que M. Loomis, astronome américain, aurait réussi à correspondre télégraphiquement sans fil de ligne entre deux stations éloignées de 16 kilomètres, en utilisant les courants supérieurs de l'atmosphère. Chaque station était munie d'un cerf-volant relié à la terre par une corde métallique et la correspondance aurait été obtenue en établissant et interrompant la communication avec la terre.

M. Léard, employé à Alger, rappelle à ce sujet qu'en septembre 1874, il aurait proposé un système de correspondance identique. Deux ballons munis de pointes métalliques auraient puisé l'électricité dans les hautes régions de l'atmosphère. Ces ballons auraient été retenus captifs et reliés au sol par des cordes métalliques munies d'une gaîne isolante, afin de pouvoir traverser sans inconvénient les couches électriques interposées. S'il existe une différence de potentiel dans l'air qui environne les pointes métalliques fixées aux ballons ou entre les plaques de terre qui terminent les cordes, on pourra établir une correspondance entre les deux ballons, en ouvrant ou fermant le circuit composé des deux cordes, de l'atmosphère et de la terre.

Reste à savoir si le fait signalé par MM. Loomis est un fait normal ou un fait accidentel tenant à ce que les cerfs-volants se trouvaient chacun dans des régions fortement électrisées à des potentiels inégaux, par exemple dans des nuages orageux au-dessus des deux stations.

Télégraphie multiple.

Nous recevons la lettre suivante :

« A la suite de longues recherches, qui ont duré plusieurs années, et dont une partie a été indiquée dans ces *Annales* sous ce titre : *Électro-diapason : sa construction et ses usages*, j'ai pu construire un système de télégraphie multiple inverse. Au mois de janvier 1877, j'ai déposé à l'Académie des sciences un pli cacheté contenant la description sommaire de mon système pour sauvegarder mes droits de priorité.

« Le système a déjà donné de bons résultats sur un circuit local et sur un circuit souterrain de quelques kilomètres; mais je ne voulais pas le publier avant d'avoir fait des expériences sur une longue ligne aérienne, ce que mes occupations m'ont empêché de faire jusqu'ici.

« L'une des bases de mon système repose sur une distribution de courants analogue à celle qu'emploie M. Sieur dans l'appareil de télégraphie double décrit dans le dernier numéro des *Annales*. Quoique l'organe de distribution dont je me sers soit très-différent de celui du système de M. Sieur, ce qui empêcherait (en dehors de toute autre considération) qu'on pût m'accuser de copier ou d'imiter un appareil déjà construit, je ne crois pas devoir différer la phblication d'une partie au moins de mon système, celle qui permet de constituer un appareil de télégraphie double dans le même sens, analogue à celui de M. Sieur.

« J'en donnerai la description dans le prochain numéro des *Annales*.

« E. MERCADIER. »

Le premier projet de distributeur de M. Sieur a été présenté à l'administration le 1er octobre 1873. Cet appareil a fonctionné en circuit local devant une commission en 1874. Il consistait alors en une roue dentée mue par un mouvement d'horlogerie. (*Note de la rédaction.*)

La distinction des Phares.

Sir William Thomson a fait une conférence à la "Ship masters' Society" sur la manière de distinguer les phares.

Les phares doivent indiquer clairement et rapidement au marin l'endroit où ils se trouvent placés. Il ne faut pas qu'il puisse y avoir doute ou hésitation, sinon ils deviendraient une cause de danger: d'où la nécessité d'un moyen facile et prompt de les reconnaître. Sur cent des feux placés sur les côtes des îles Britanniques, il y en a quatre-vingt-dix qui se composent de lumières blanches fixes. Ces feux seraient certainement les meilleurs s'ils n'étaient pas susceptibles d'être pris pour autre chose que ce qu'ils sont. Malheureusement, ils ont été presque tous si mal placés qu'on les prend facilement pour d'autres lumières. Il en résulte une source de dangers, et il est indispensable de leur donner un signe distinctif Les feux tournants ont, jusqu'à un certain point, résolu la question, mais ils ne suffisent pas toujours à assurer une sécurité complète. Les feux tournants de durées différentes sont une amélioration, et les feux à éclats en sont une plus grande encore. Cependant, avec des feux dont les éclats ne se produisent qu'à des intervalles de trois ou quatre minutes, il s'écoule un temps encore assez long avant que les marins puissent s'assurer si la lumière qu'ils ont aperçue est bien celle qu'ils croient reconnaître, car ils doivent répéter leurs observations.

Avec les navires à voiles, dont la marche est plus lente, l'inconvénient est bien moins grand qu'avec les navires à vapeur si rapides d'aujourd'hui, qui, filant douze nœuds à l'heure, avancent de plus d'un mille en 5 minutes, et peuvent rencontrer le danger avant d'avoir pu vérifier les observations.

Le feu tournant a cet avantage sur les autres que sa lumière est condensée, et qu'on peut l'apercevoir de bien plus loin qu'un feu fixe éclairé avec la même huile. Mais il a cet inconvénient que sa lumière est interrompue pendant cinquante secondes, et même davantage, par minute de révolution; ce qui fait que la lumière n'étant visible que pendant dix secondes et même moins, il est difficile de prendre le point.

On s'est servi aussi de couleurs pour distinguer les phares, mais c'est un moyen que Sir Willam Thomson recommande de ne jamais employer. Il a cité à ce propos le feu de Needles, qui a deux secteurs blancs et deux rouges; et il a expliqué les dangers auxquels on s'expose en adoptant des couleurs; ainsi, on peut les confondre avec un feu de navire dans un port; on a souvent confondu les lumières des ports avec celles des chemins de fer et des villes, et réciproquement, de sorte que des accidents se sont produits par suite de l'absence d'un signe distinctif bien défini.

Sir William Thomson, pour vaincre la difficulté, propose d'employer un système d'interceptions de lumière, qui seraient produites au moyen d'écrans tournants ou d'un appareil mécanique à extinction intermittente. Ce système, basé sur l'alphabet télégraphique Morse, se composerait de combinaisons d'interruptions de lumière. La durée de ces interruptions serait tantôt longue tantôt courte, de sorte que chaque lumière serait bien définie et facile à distinguer. Chaque phare pourrait représenter une lettre de l'alphabet Morse, et ce système serait, par le fait, analogue à celui du capitaine Colomb, qui se compose de signaux lumineux. Sir William Thomson a installé, depuis trois ans, son système au feu de Holly Wood Bank, sur le lac de Belfast, où les interruptions de lumière sont formées de deux courtes éclipses et d'une longue. On s'était d'abord servi d'un feu fixe rouge, mais l'emploi de la lumière blanche qui y est installée actuellement est incontestablement préférable, et a été très-apprécié. Les interruptions de lumière sont produites à l'aide d'un anneau de cuivre tournant qui porte une série d'écrans et qui est mis en mouvement par un engrenage.

Sir William démontre ensuite qu'avec les systèmes ordinaires on perd une grande quantité de lumière et d'huile, de sorte que si l'on adopte un système qui assure la sécurité, on fera en même temps une grande économie.

(*Engineering.*)

Couple au bioxyde de manganèse de M. Gaiffe.

Ce couple se compose : 1° d'un cylindre de charbon aggloméré et poreux, percé, dans toute sa longueur, de trous parallèles à l'axe, qui sert de vase poreux et d'élément collecteur; 2°. d'un bâton de zinc amalgamé ; ils plongent tous deux dans un vase de verre. On place dans les cavités du cylindre des grains de bioxyde de manganèse, ct l'on remplit le vase extérieur avec de l'eau contenant environ 20 pour 100 de chlorure de zinc exempt de plomb et aussi neutre que possible.

Il se forme de l'oxyde de zinc, qui tombe à l'état pulvérulent au fond du vase de verre. La force électromotrice, la résistance intérieure et la constance de ce couple ne perdent rien par la substitution du chlorure de zinc au chlorhyrate d'ammoniaque.

Ce couple peut se recharger, sans avoir recours au constructeur, aussi facilement que les couples à dépolarisateur soluble; il ne donne plus lieu à la formation du chlorure double de zinc et d'ammonium qui, dans certaines circonstances, incruste les vases poreux et les met hors de service. Enfin, l'avidité du chlorure de zinc pour l'eau en arrête assez l'évaporation pour qu'on n'ait jamais à craindre l'arrêt du courant par dessiccation.

(*Les Mondes.*)

Emploi de l'Aluminium dans la télégraphie.

Une revue allemande fait remarquer que l'aluminium possède une conductibilité double de celle du fer, et que, comme il est aussi ductile que ce métal, il peut être étiré en fils très-minces. Ces fils, par suite de leur extrême légèreté, conviendraient parfaitement pour les lignes militaires de campagne, et l'on pourrait en transporter de grandes longueurs avec facilité ; si l'on n'a pu jusqu'ici les appliquer à cet usage, c'est qu'il est difficile de le fabriquer en quantités considérables, mais on pense qu'on pourra l'extraire bientôt faci-

lement de l'oryolite, minerai que l'on trouve en abondance dans le Groënland. On pourrait encore employer avec avantage, pour les fils télégraphiques, un alliage d'aluminium et de fer.

L'aluminium, en même temps qu'il est bon conducteur, est aussi un métal très-magnétique. En raison de sa légèreté et de sa conductibilité, ce métal semble devoir se prêter très-bien à la construction des appareils télégraphiques où des bobines mobiles sont actionnées par l'action du courant, et nous croyons savoir que dans le nouveau recorder de MM. Siemens, de Berlin, la bobine suspendue est formée d'un fil d'aluminium.

Nouvelle pile sans diaphragme

Par M. Ubicini.

C'est une pile Callaud perfectionnée : la forme du vase est analogue à deux troncs de cônes se rejoignant par la petite base. L'avantage très-grand que présente cette forme de vase, est d'asseoir le cylindre de zinc sans invoquer l'intervention des fils de cuivre. Ces fils étant rongés par le liquide actif, ils rompent; mais, fait plus grave, leur attaque détermine un courant inverse au courant principal. La suppression de ces attaches peut être aussi prise en considération au point de vue de l'économie.

M. Ubicini adopte comme conducteur positif le plomb en remplacement du cuivre. Le plomb ne décompose, en effet, ni les sels de cuivre, ni les sels de zinc; étant très-malléable, très-flexible, ce métal se prête pour le mieux à l'organisation d'une pile. Quant à sa conductibilité, elle est moindre que celle du cuivre; mais en augmentant l'épaisseur de la lame et en n'ayant pas à tenir compte de la résistance du vase poreux, on arrive à une intensité de courant égale à celle fournie par la pile Callaud. Le fait est appuyé par une série d'expériences qui datent de dix-huit mois.

L'économie est grande dans la substitution du plomb au cuivre. Il faut dire encore, au point de vue technique, que le fil de cuivre devant être protégé par une gaîne de gutta-

percha, le liquide finissait cependant par s'infiltrer, d'où cristallisations et rupture de conductibilité. Le plomb, au contraire, résiste à cette action.

La pile Ubicini se charge ainsi : autour de la lame de plomb on dépose des cristaux de sulfate de cuivre, 200 grammes pour un service de dix-huit heures ; l'auteur indiquait d'employer pour unique liquide une dissolution de sulfate de zinc, marquant 10 degrés à l'aréomètre Beaumé.

MM. Digney et Divernesse, qui proposent cette pile en France, reconnaissent que l'intensité est la même, en employant l'eau pure, après que l'on a fermé le courant pôle à pôle pendant quelques heures.

La pile Ubicini est adoptée par la Compagnie télégraphique italienne, ainsi que par les chemins de fer italiens. Un élément ne coûterait que 2 fr. 50, tandis qu'un élément Callaud de même puissance coûterait 3 fr. 25.

(*Annales industrielles.*)

Comparaison des fils de fer nus et galvanisés.

En réponse à une demande de M. G. B. Prescott, électricien américain, les administrations télégraphiques d'Europe, sans exception, ont fait connaître que les résultats de l'expérience étaient favorables à l'emploi du fil de fer galvanisé, au point vue de l'économie finale. Il ressort de ces rapports que la durée de service d'un fil non galvanisé est de quinze à vingt ans, tandis qu'un fil galvanisé, déjà en service depuis vingt-cinq ans, donne à peine des signes de détérioration.

(*Telegraphic Journal.*)

Nécrologie.

M. Vavin.

Nous avons le regret d'annoncer la mort de M. Jules Vavin, capitaine de frégate, dont le nom est connu de tous ceux qui s'occupent d'électricité et de télégraphie.

M. Vavin, en effet, s'est distigué par de beaux travaux sur les défenses sous-marines et les torpilles; il a imaginé, en 1865, de concert avec M. Fribourg, inspecteur des télégraphes, un appareil typo-télégraphique décrit dans plusieurs ouvrages spéciaux, dont certaines organes, le distributeur entre autres, ont servi de point de départ aux progrès récents des appareils à grande vitesse.

Le journal de Toulon, *la Sentinelle du Midi*, apprécie dans les termes suivants la perte que vient de faire la marine française :

« On a connu dimanche, à Toulon, la mort d'un officier « supérieur de la marine, jeune encore, et devant lequel sem- « blait s'ouvrir la plus brillante carrière.

« M. le capitaine de frégate Jules Vavin, commandant du « *Bourayne* dans la mer de Cochinchine, a succombé le « 30 janvier, à bord de l'*Annamite*, où il avait pris passage « pour rentrer en France, des suites d'une maladie contractée « pendant son commandement. La flotte perd en lui un vail- « lant officier, qui joignait, à un caractère élevé et à un esprit « distingué, l'amour le plus vif pour sa profession et les apti- « tudes les plus prononcées pour les études scientifiques « qu'elle comporte.

« Le commandant Vavin avait su se concilier auprès de ses « chefs, de ses camarades et de ses subordonnés, de nom- « breuses amitiés et d'universelles sympathies. Sa mort lais- « sera de profonds regrets dans la famille maritime. »

G. F.

BULLETIN ADMINISTRATIF.

Décret du 27 février 1878, *qui rattache le service des télégraphes au Ministère des finances.*

Le Président de la République française,

Vu la loi du 29 novembre 1850, concernant la télégraphie privée;

Vu le décret du 22 décembre 1877, qui place l'administration des postes dans les attributions du sous-secrétaire d'État des finances, sous la direction du ministre,

Décrète :

Art. 1er. Le service des Télégraphes est rattaché au ministère des finances, sous la réserve des droits conférés au Ministre de l'intérieur par les articles 3 et 4 de la loi du 29 novembre 1850. Les conditions dans lesquelles s'exerceront ces droits seront réglées par un arrêté concerté entre les deux ministres.

2. Le sous-secrétaire d'État au ministère des finances aura dans ses attributions le service des télégraphes.

3. Il est autorisé à prendre toutes les mesures nécessaires pour assurer la réunion des deux services des Postes et des Télégraphes.

4. Les Ministre des finances et de l'intérieur sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Fait à Versailles, le 27 février 1878.

Signé : **Maréchal DE MAC-MAHON.**

Le Ministre des finances,
LÉON SAY.

Le Ministre de l'Intérieur,
E. DE MARCÈRE.

Décret du 20 mars 1878, *qui organise un Conseil d'administration des Postes et des Télégraphes.*

Le Président de la République française,

Vu le décret du 27 décembre 1877, qui a placé le service des Postes dans les attributions du sous-secrétaire d'État des finances;

Vu le décret du 27 février 1878, qui a rattaché le service des Télégraphes au ministère des finances, et qui l'a placé dans les attributions du sous-secrétaire d'État;

Sur le rapport du Ministre des finances,

Décrète :

Art. 1er. Le sous-secrétaire d'État des finances est assisté, dans la direction de chacun des services des postes et des télégraphes, d'un Conseil d'administration composé,

Savoir :

Pour les Postes, de trois administrateurs;

Pour les Télégraphes, du directeur et de deux administrateurs.

2. Les deux Conseils pourront délibérer en commun, et les membres de chaque Conseil pourront être délégués à l'effet d'exercer leurs attributions dans l'une ou l'autre des administrations des Postes et des Télégraphes.

3. Le Ministre des finances est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris le 20 mars 1878.

Signé : Maréchal DE MAC-MAHON.

Le Ministre des finances,
LÉON SAY.

Par décret du Président de la République, en date du 20 mars 1878, rendu sur la proposition du Ministre des finances, M. Lefebvre de la Boulaye (René-Victor), chef de bureau à l'administration centrale des finances, chargé des fonctions de chef du cabinet du ministre, a été nommé administrateur de deuxième classe des Postes et Télégraphes.

Par décret du Président de la République, en date du 13 avril 1878, rendu sur la proposition du Ministre des finances, M. Bergon (Louis-Marcellin), directeur de région de première classe, a été nommé administrateur de deuxième classe des Télégraphes.

Par décision du 6 avril 1878, M. le sous-secrétaire d'État des finances a désigné comme chef du bureau de Poste et Télégraphie, ouvert au Palais de l'Exposition universelle, M. Musart, chef de transmission de première classe, au poste télégraphique central de Paris.

Le Phonographe.

Le phonographe, après avoir été présenté successivement à l'Académie des sciences et à la Société française de physique s'est fait entendre le mardi 26 mars, dans les salons du ministre des finances, à la réception de M. Léon Say. Les expériences ont parfaitement réussi en excitant la plus vive curiosité.

Le Téléphone.

Extrait du rapport de la commission spéciale chargée de l'étude du téléphone et des services qu'il peut rendre à l'exploitation télégraphique. — La commission avait d'abord à rechercher dans quelle mesure l'instrument actuel peut trouver sa place dans le matériel télégraphique courant.

Elle a dû reconnaître tout d'abord que les téléphones actuellement construits par les soins du concessionnaire du brevet de M. G. Bell ont une valeur individuelle très-variable. La difficulté consiste à faire un bon choix, sans que des règles précises puissent être données pour le contrôle. Il s'agit, en effet, moins des conditions matérielles d'exécution que des qualités propres d'un instrument qui doit, dans une certaine mesure, être adapté à la fois aux organes de la voix et de l'ouïe de chacun des interlocuteurs.

Cette première difficulté écartée, la commission s'est trouvée en présence de faits constatés par tous les expérimentateurs, c'est-à-dire l'inconvénient du retour par la terre au voisinage des stations télégraphiques, et l'influence des fils voisins du conducteur affecté au téléphone.

Le moyen indiqué par l'expérience pour triompher de ces difficultés consiste dans l'emploi d'un conducteur téléphonique composé de deux fils isolés et suffisamment rapprochés. La nature du remède montre combien peu notre réseau actuel se prêterait à une application du nouvel instrument sur de grandes distances.

Sans parler des dépenses considérables qu'exigerait l'éta-

blissement de ce conducteur spécial, il faut se demander si l'exploitation télégraphique entre les grands centres n'est pas mieux assurée par les appareils imprimeurs perfectionnés.

Cette question n'est aujourd'hui douteuse pour personne; elle ne se posera efficacement que le jour où le téléphone possédera des qualités de son plus éclatantes et plus certaines et où il sera possible d'en combiner l'emploi avec la sténographie.

On parle déjà dans cet ordre d'idées du concours que pourra prêter au téléphone le phonographe, mais c'est une découverte encore trop neuve pour que l'on puisse formuler un avis.

Le champ des applications actuelles du téléphone se trouve ainsi restreint aux communications à courte distance. La commission signale l'emploi qui pourrait en être fait dans quelques services de bureaux municipaux, de bureaux d'écluses, de postes de police, de sapeurs-pompiers, etc. C'est dans cette pensée qu'elle a demandé à l'administration de mettre un certain nombre d'instruments à la disposition de chacun des chefs de service.

La commission est convaincue également que le téléphone recevra des applications nombreuses dans l'exploitation des lignes d'intérêt privé dont l'administration étudie en ce moment le projet.

Une communication par téléphone est actuellement installée entre Paris et Versailles, la conversation est possible dans des conditions satisfaisantes. La ligne s'est très-bien prêtée aussi à l'échange d'airs musicaux transmis par divers instruments, le clairon, le tambour, la flûte, le violon, seuls ou associés.

On attend l'arrivée à Paris de M. G. Bell, qui annonce un appareil permettant de faire entendre, à un grand nombre de personnes réunies dans une salle, de la musique exécutée à distance; la ligne de Paris à Versailles servira à cette expérience.

La commission continuera ses travaux par l'étude des modifications diverses proposées en très-grand nombre depuis quelques mois pour l'amélioration du téléphone.

Études expérimentales. — Les expériences faites sous la direction de M. Morris, inspecteur à Paris, ont conduit aux résultats suivants :

1° Quand on prend une terre dans l'intérieur de Paris, les crépitements gênent beaucoup la correspondance; mais ces crépitements cessent quand on prend la terre hors des fortifications, et le fil de retour peut alors être remplacé par la terre sans inconvénient.

2° On ne reçoit pas avec la même netteté dans un téléphone récepteur quand des personnes différentes parlent successivement dans le même transmetteur, tandis que les sons musicaux se perçoivent également bien. Il semble que la plaque vibrante du récepteur doit être modifiée suivant la personne qui parle de façon à vibrer en concordance avec la voix qui l'impressionne. Le choix des téléphones transmetteurs et récepteurs doit donc dépendre des personnes qui doivent entrer en correspondance. En d'autres termes, la plaque vibrante doit être munie d'un système de réglage. Ce réglage doit être micrométrique, car une variation très-faible de la distance qui sépare la plaque de l'aimant modifie très-sensiblement la voix.

3° On sait que quand on a plusieurs fils établis sur les mêmes poteaux, et qu'un téléphone est placé dans le circuit de l'un d'eux, on reçoit sur ce dernier, soit par dérivation d'un fil sur l'autre, soit par induction, les correspondances échangées par les autres fils. On observe le même fait, quand on suspend sur les poteaux des câbles au lieu de fils nus. L'induction serait donc la vraie cause du phénomène. Quand deux câbles ou deux fils nus sont placés parallèlement, il suffit d'un parcours de 150 à 200 mètres pour recevoir dans un téléphone intercalé dans le circuit d'un des deux fils, les correspondances échangées par l'autre. Si un téléphone est en dérivation sur un fil, l'espacement des deux points d'attache du circuit téléphonique doit être également de 150 à 200 mètres.

4° L'introduction dans le circuit téléphonique d'un câble lové ou enroulé sur bobine nuit à la netteté de la transmission et peut même la rendre impossible. La transmission devient nette si le câble est déroulé sur le sol. Cette perturbation tient,

sans doute, à l'induction des spires les unes sur les autres. Quand le câble est enroulé sur des bobines en tôle d'acier, la difficulté est plus grande qu'avec des bobines en bois. Cette observation a son importance quand il s'agit de l'application du téléphone à la télégraphie de campagne, car on ne pourra pas correspondre si le fil conducteur n'est pas entièrement déroulé. A ce point de vue, l'emploi d'un câble à deux conducteurs serait avantageux, car deux spires en contact étant toujours parcourues par des courants de sens opposé, les effets d'induction seraient nuls.

Essais du téléphone sur les lignes des écluses dans l'Yonne. — Les expériences suivantes ont été faites dans le département de l'Yonne par les soins de MM. Berthot, inspecteur des télégraphes, et Remise, ingénieur chargé du service de navigation.

Après avoir essayé les instruments sur des lignes provisoires de 50 et de 100 mètres, on les a installés successivement sur la ligne des écluses, sur les fils de Joigny et sur celui d'Avallon. Voici succinctement les résultats obtenus.

Entre la Chaînette et l'île Brûlée, 1.800 mètres, résultats très-bons. La parole est très-nette, les communications très-simples et faciles.

Entre la Chaînette et Gurgy, 10 kilomètres, mêmes résultats sans modifications appréciables. La voix arrive à peine un peu moins forte.

Sur le fil d'Auxerre à Joigny, 30 kilomètres, impossibilité absolue de communiquer. Ce fil, placé sur la grande ligne de Paris à Lyon, est, sans interruption, traversé par les courants d'induction produits par la transmission des dépêches sur les 6 à 8 fils environnants. Le bruit d'une forte grêle contre les vitres indique assez exactement ce qu'on entend dans le téléphone. Il était cependant très-facile de suivre les manipulations des divers appareils fonctionnant sur les fils voisins; les cadences du Hughes s'entendaient parfaitement, le Morse aussi; puis, à plus grande distance et plus faiblement, une succession rapide de chocs sans signification.

D'Auxerre à Joigny sur le fil des écluses, 32 kilomètres, il a été possible de s'entendre d'une manière assez satisfaisante; mais l'expérience n'était pas faite dans de bonnes conditions, on opérait sur un fil relié dans les écluses intermédiaires de Gurgy et d'Épineau, sur lequel les récepteurs à cadran restaient en dérivation.

Sur le fil d'Auxerre à Avallon, 53 kilomètres, les expériences ont été assez intéressantes. De neuf heures du soir à dix heures, grandes difficultés pour s'entendre; les transmissions des gares entre elles, admirablement bien entendues par influence dans le téléphone, venaient souvent couvrir la voix.

Le fil d'Avallon est seul au sommet des poteaux de la ligne, les fils des gares à plus de 3 mètres en bas; au-dessous des fils du chemin de fer, les fils de sonneries des disques envoyaient aussi un roulement continu de chocs. Le dernier train du soir, partant d'Avallon et passant successivement dans les gares, successivement on a entendu les sonneries de disques s'arrêter, les gares de plus en plus rapprochées causer entre elles pour assurer la marche du train.

Enfin, à dix heures, le silence s'est fait, sauf pour deux sonneries de disques, qui, pendant toute l'expérience, n'ont pas cessé de faire entendre leur roulement. On a pu alors causer librement et facilement; la voix était sensiblement plus faible à 53 kilomètres qu'à 10 ou 32, mais cependant très-distincte. On distinguait le timbre et l'on reconnaissait sans difficulté la voix de différentes personnes.

Après ces différentes expériences, deux téléphones ont été installés à demeure dans chacune des écluses de la Chaînette, l'île Brulée, les Dumonts, les Boisseaux, Monéteau et Gurgy. Les éclusiers se sont mis presque immédiatement à préferer cet instrument au cadran dont ils se servaient antérieurement et depuis une dizaine de jours, ils font leur service avec lui. Ils s'appellent avec la sonnerie ordinaire et au lieu de dire avec le cadran (P.), ils ajoutent « parlez téléphone (P. T.) » et se mettent à causer.

En dehors de ces diverses installations, on a pu vérifier quelques faits très-curieux. — Sur un fil de 12 kilomètres, on a placé à des distances différentes plusieurs téléphones, trois ou quatre personnes ainsi espacées ont pu causer entre elles,

chacune entendant ce que disaient les autres, les demandes et les réponses se croisant et restant perceptibles.

Deux personnes causant sur un fil (10 kilomètres), leur conversation a été saisie par influence en mettant un téléphone sur un second fil placé à 50 centimètres du précédent et le suivant pendant 2 kilomètres environ; on distinguait très-bien les timbres des voix des deux interlocuteurs.

Pour continuer les expériences sur une plus grande échelle, la ligne d'Auxerre à Joigny va être installée entièrement suivant ce système.

PERSONNEL.

PROMOTIONS ET MUTATIONS.

M. Courbin. . . Commis principal. . . de Montpellier. . . . à Nîmes.

Promotions.

Directeur de Région (2e classe).

M. Bonnivard.
M. Chéreil de la Rivière.

Inspecteurs de 1re classe.

MM. Joly.
Brisson.
M. Berger.

Inspecteurs de 2e classe.

M. De Lignac.
M. Caël.

Inspecteurs de 3e classe.

M. Pérémé.
M. Robert.

Inspecteurs de 4e classe.

MM. Demars.
Margerie.
Guez.
Bar.
MM. Cottier.
Wunschendorff.
Dupré.
Raynaud.
MM. Garnier.
Mercadier.

Sous-inspecteurs.

MM. Pommeret.
Kappler.
Orban.
Pinatel.
MM. Robert.
Pante Lafaurie.
Husson.

Chefs de transmission principaux de 1re classe.

MM. Filoche.
Chrétien.
Miser.
De Lambily.
Moulinot.
Simonot.
Brassart.
MM. Blanc.
Brunet.
Dorey.
Thiébaud.
Cuche.
Etlicher.
Richaud.
MM. Rémond.
Ponsardin.
Bournhonet.
Robert.
Baffet.
Hirtz.

Chefs de transmission principaux de 2e classe.

MM. Guéguen.
Coffin.
Oudot.
Soulès.
Verniory.
De Grassin.

MM. Margier.
Clouqueur.
Raffaut.
Sivanne.
Etlicher.
Blée.

MM. Le Maistre de Ferrières.
Baudoin.
Savin.
Frétard d'Ecoyeux.
Lemire.

Chefs de transmission de 1re classe.

MM.
Giroux.
Déchamps.
Dehorter.
Grimaldi.
Binet.
Cadars.
De Thierry.
Lafosse.
Dusaintpère.
Cristol.
Sebire.
Béringer.
Champagnac.
Boutiron.

MM.
Valade.
Roulx.
Veyssière Lamothe.
Berty.
Bouquilliard.
Bizet.
Radou.
Hubault.
De Raffin de la Raffinie.
Demarle.
Trémolières.
Leclercq.
Vangeon.

MM.
Bour.
Louchez.
Cave.
Dard Thénadey.
Dunion.
Boité.
Philbert.
Pouydessus.
Pajot.
Cottet.
Davillé.
De Carné Trécesson.
De Peytes de Montcabrié.

MM.
Astrié.
Spetz.
Brusson.
Lacroix.
Martin.
George.
Leroy.
Garnier.
Just.
Lebourdais.
Bolot de Chanvillerain.
Menut.

Chefs de transmission de 2e classe.

MM.
Lefilleul.
Thoulon.
Pancrace.
Sailly.
Petit.
Jardin.
Coudeloup.
Abit.
Chapy.

MM.
Penbret.
Bergeron.
Bienvenu.
Theuraud.
Méliodon.
Bourne.
Deroche.
Bonnet.

MM.
De Gérault de Langalerie.
Pol.
Cavalier.
Baudouin.
Alexis.
Marc.
Franchet.

MM.
Loisel.
Lacroix.
Sauvage.
Beaufils.
Jacot.
Raisonnier.
Malot.
Mahaut.

Commis principaux.

MM.
Oudot.
Gobert.
Auzero.
Dutour.
Sauvajon.
Tual.
Robin.
Hocquet.
Aubry.
Grandclément.

MM.
Ferran.
Tortey.
Parmiseux.
Thomas.
Aubry.
Rohr.
Fayon.
Caisso.
Capy.
Duménil.

MM.
Boisfin.
Delandre.
Arnoult.
Bernard.
Mouynès.
Michel.
Martin.
Eichler.
De Lécluse.
Millerin.

MM.
Martigné.
Grout de Beaufort.
Guilmineau.
Bouclet.
Mougel.
Servat.
Douay.
Courbin.
Dürr.
Debouche.

Commis principaux (suite).

MM.	MM.	MM.	MM.
Fridblatt.	Camus.	Marmagne.	Jacquez.
Roussy.	Vallon.	Prentout.	Freund.
Frère.	Beaugrand.	Fleury.	
Routis.	Decamp.	Morel.	

Employés de 1re classe.

MM.	MM.	MM.	MM.
Rué.	Duffaut.	Saint-Paul.	Guisset.
Bardin.	Porentru.	De Roubin.	Ladevèze.
Lescuyer.	Barthe.	Maisse.	Piquant.
Marchand.	Müller.	Alexandre.	Millot.
Guillier.	Dechampeaux.	Baudouy.	Faggianelli.
Delage.	Geoffroy.	Jacquet.	Rocher.
Rousselle.	Devisch.	Bugarel.	Barbanceys.
Mall.	Badar.	Lucchini.	Jaillet.
Briançon.	Sagnes.	Châble de la Héronnière.	George.
Leverger.	Frault.	Hamel.	Marquis.
Allanic.	Brément.	De Saint-Méloir.	Berthe.
Dupuy.	Fleury.	Avril.	Bonnesœur.
Allès.	Langevin.	Bigouret.	Thérieux.
Thévenin.	Fournier.	Barbier.	Leplus.
Lacanau.	Marion.	Dambrun.	Arnaud.
Hénocque.	Blanchot.	Sarbardan.	Jouette.
Corneau.	Oudille.	Guibal.	Brahic.
Palussière.	Leroux.	Doste.	Maquinghen.
Texier.	Bredillet.	Clauzel.	Dufond.
Grenet,	Lalé.	Lesné.	Vérité.
Regnault.	Vial.	Cressent.	Hatton.
Jülg.	Levexier.	Salomez.	Dubié.
Desquives.	Nigoul.	Pradal.	Godard.
Château.	Jégo.	Ribet.	Roy.
Barbès.	Cuisenier.	Denis.	Villeneuve.
Cannac.	Maronet.	Michel.	Brou.
Mallo.	Bressolle.		

Employés de 2e classe.

MM.	MM.	MM.	MM.
Angenoust.	Delmas.	Batut.	Bardin.
Prétot.	Mainfroy.	Comard.	Gaubert.
Philipon.	Thomas.	Chazotte.	Geisweiller.
Sœur.	Jullienne.	Cordonnier.	Faux.
Dubois.	Rémy.	Simonet.	De Comeau.
Cier.	Pierre.	Vavasseur.	Chevalier.
Lian.	Marchant.	Chever.	Banier.
Pernin.	Lecomte.	Grapin.	Regard.
Kihl.	Audebal.	Julia.	Gentil.

Employés de 2e classe (suite).

MM.
Roder.
Marchelli.
Labadie.
Prat.
Xolin.
Jourde.
Biros.
Foltête.
Dortet.
Cuisenier.
Villa.

MM.
Lintzer.
Fourcade.
Pelletier.
Moura.
Gourjaud.
Forfillier.
Guilmart.
Duthu.
Savary.
Wolff.
Boulleau.

MM.
Pouhin.
Alchié.
Decorde.
Clavier.
Esnoult.
Raoult.
Blay.
Poupault (A.).
Sorel.
Poupault (H.).
Oudin.

MM.
Genty.
Guasco.
Gratteau.
Marin.
Müller.
Willot.
Bourrel.
Flusin.
Tant.
Xiffre.

Employés de 3e classe.

MM.
Boudet.
Bainkovie.
Chapotin.
Turin.
Le Hégarat.
Dubertrand.
Prat-Galba.
Herbet.
Buet.
Bégué.
Duperrel.
Bréard.
Compagnet.
Besson.
Gillot.
Mayot.
Olivier.
Petizon.
Proisy.
Varnerot.
Vergely.
Munier.

MM.
Rozet.
Filippi.
Promonet.
Béteille.
Blanc.
Bot.
Chauvet.
Cretin.
Dauphin.
Delaporte.
Delille.
Dussous.
Groos.
Huc.
Lambert.
Mahon.
Mandrillon.
Maquin.
Nicou.
Quéru.
Sabran.

MM.
Tirat.
Vitalis.
Waghette.
De Samboeuf.
Lecarpentier.
Collomb.
Favier.
Nombel.
Peyras.
Le Cardinal.
Chatau.
Noguès.
Lefort.
Fourny.
Liotard.
Robert.
Durantis.
Loison.
Gal.
Givaudan.
Tieulières.

MM.
Billaud.
Ernest dit Bresson.
Rigoir.
Kay.
Vannier.
Farrier.
Lallisse.
Zimmerman.
Parade.
Sesquières.
Raïssac.
Huette de Guerville
Martinet.
Fournier.
Quillot
Seguin.
Ziller.
Rousse.
Delanoë.
Bernadou.
Houin.

Employés de 4e classe.

MM.
Chambert.
Poumeyrol.
Chigros.
Delacour.
Luceau.
Grailles.
Béranger.

MM.
Mengin.
Daussat.
Deny.
Batbedat.
Mauranges.
Bonnefoy.
Langlois.

MM.
Triquenaux.
Thouron.
Launey.
Roger.
Barre.
Gauthier.
Peyraube.

MM,
Vidaillet.
Montarras.
Maubert.
Guibert.
Chaubet.
Mailliet.
Chevallier.

Employés de 4e classe (suite).

MM.	MM.	MM.	MM.
Rigou.	Desavenière.	Hoornaert	Muller.
Maupomé.	David.	Sirdey.	Devaux.
Fleurial.	Flaissière.	Julle.	Raoulx.
Gascoin.	Crescitz.	Charlaix.	Ferment.
Quénu.	Roëls.	Alzas.	Skopetz.
Vassogne.	Dubreuil.	Graindorge.	Jardinier.
Sabardu.	Boisset.	Rouch.	Caud.
Gascoin (A.).	Gélébart.	Guichard.	Breton.
Bühr.	Moisnard.	Panet.	Pradin.
Mauruc.			

Employés de 5e classe.

MM.	MM.	MM.	MM.
Robichon.	Mulot.	Barberet.	Bouiller.
Le Gall.	Bœuf.	Lévêque.	Defrance.
Le Clerc de Fresne.	Crétal.	Weinborn.	Ameline.
Jannerot.	Brochard.	Levavasseur.	Pesseau.
Guillot.	Renault.	Maubihan.	Danjou.
Latour.	Peyrat.	Lagueyrie.	Combes.
Vigreux.	Floch.	Gauchard.	Fromentin.
Serre.	Le Biez.	Le Roy.	Dion.
Derrey.	Guiganton.	Allenne.	Ficatier.
Miquel.	Estève.	Tourel	Fricout.
Gaulay.	Duveau.	Garin.	

Mutations.

1° *En France.*

MM. Faure.	Inspecteur.	de Paris. . . .	à Gap.
Gaillard.	Sous-Inspecteur. . . .	Gap.	Paris.
Munier Pugin.	Chef de transmission.	Paris. . . .	Épinal.
Augier de Mongremier.	*Id.*	Châteauroux	Paris.
Pouydessus.	*Id.*	Pauillac. . .	Châteauroux.
Legon.	*Id.*	Cambrai. . .	Pauillac.
Davignon.	*Id.*	Lille.	Dôle.
Ansart.	Commis principal. . . .	Rouen. . . .	Compiègne.
Coudeloup.	*Id.*	Dôle.	Paris.
Magnan.	*Id.*	Nîmes. . . .	Marseille.
Desplats.	*Id.*	Le Havre. .	Cambrai.

2° *Entre la France et les colonies.*

MM. Boudon.	Employé.	d'Algérie. .	à Toulon.
Saulnier.	Surnuméraire.	d'Algérie. .	Annecy.

Légion d'honneur.

Par décret en date du 7 février 1878, rendu sur la proposition du Ministre de l'intérieur, a été nommé dans l'ordre national de la Légion d'honneur:

Au grade de chevalier : M. De la Taille, inspecteur de première classe des lignes télégraphiques à Orléans.

Le Gérant : Dunod. — Imprimerie Arnous de Rivière, 26, rue Racine.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1878 Mai-Juin.

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878

GROUPE VI. — FRANCE. — CLASSE 65.

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA TÉLÉGRAPHIE.

Parc du Champ de Mars (annexe de la classe 65).

Annexe de l'avenue La Bourdonnaye, nos 1 à 70.— Parc, près l'Annexe, nos 71 à 75.

LISTE DES EXPOSANTS.

Administration des lignes télégraphiques (Exposition collective sous le patronage de l'), à Paris, rue de Grenelle-Saint-Germain, 103. — Matériel et appareils en usage dans l'administration des télégraphes.

Administration des lignes télégraphiques.
Ailhaud (F. J. F.).
Baron (H.).
Baudot (J. M. É.).
Beau (N.).
Beaufils (M. F.).
Bontemps (C.).
Cacheleux (A. F.).
Charles (C.).
Claverie (B.).
Chassan et Rault.
Clérac et Guichenot.
Germain (P.).
Girarbon (F. F.).
Hequet (T. A.).
Houzeau (L. F.).
Lafollye (C. J. de).
Lagarde (J.).
La Taille (de).
Lorin (E. L. M.).
Mercadier (E.) et Mercadier (A.).
Meyer (B.).
Morris (C. L.).
Perrin (A.).
Perrin (Ad.).
Petit (G.).
Sieur (J. X.).
Terral (P) et Mandroux (L.).

Administration des lignes télégraphiques. — Appareils imprimeurs et à signaux, basés sur la division du temps, permettant de



transmettre simultanément plusieurs dépêches dans le même sens ou en sens inverse, à l'aide d'un fil unique; divers systèmes de transmission duplex applicables aux lignes aériennes et aux lignes sous-marines; transmetteurs automatiques; télégraphes autographiques; appareils divers en usage dans les bureaux de l'administration des télégraphes; piles; appareils de mesure électrique; matériel de ligne; poteaux métalliques; câbles télégraphiques; spécimen de ligne souterraine; appareils de télégraphie pneumatique; plans et cartes du réseau télégraphique français et des principaux bureaux; documents statistiques; livres français relatifs à la télégraphie.

Ailhaud (F. J. F.), inspecteur général des lignes télégraphiques, à Paris. — Divers systèmes de transmission *duplex* applicables sur les lignes sous-marines et sur les fils aériens; manipulateur Morse à clavier.

Arlincourt (L. d'), à Paris, rue Neuve-des-Mathurins, 46. — Télégraphe imprimeur, à deux fils; télégraphe imprimeur à un fil; télégraphe autographique; relais.

Baillehache (**De**), à Paris, avenue de Villiers, 100. — Avertisseur pour chemins de fer.

Barbier (E. F.), à Paris, rue Neuve-Fontaine, 9. — Piles Leclanché de tous modèles, à vases poreux, agglomérés, etc.; horloges électriques; allumoirs; appareils électriques divers.

Barbier (M.), à Paris, rue de l'Ancienne-Comédie, 25. — Vases poreux; verrerie à l'usage de la télégraphie.

Baron (H.), directeur de la région télégraphique de Paris. — Système de lignes souterraines; manchons de raccordement pour fils aériens.

Baudet (C.), à Paris, rue Cochin, 4. — Pile électrique; thermomètre électrique à sonnerie.

Baudot (J. M. E.), employé des lignes télégraphiques, à Paris, rue du Cherche-Midi, 87. — Appareil télégraphique multiple imprimant. — Constructeur : M. Dumoulin-Froment.

Beau (N.), chef de transmission des lignes télégraphiques, à Paris, rue de Babylone, 68. — Un plan en relief de Paris, avec indication du réseau télégraphique aérien et souterrain; une coupe d'égout et de tranchée avec lignes télégraphiques et accessoires.

Beaufils (M. F.), commis principal des lignes télégraphiques, à Paris, rue de la Sorbonne, 14. — Piles électriques.

Bernier (L. C. F.), à Tours (Indre-et-Loire), rue de Paris, 16. — Sonneries à rouage. — En collectivité avec M. Bréguet (L. F. C.).

Bigeon (H.), à Paris, rue Gérard, 34. — Télégraphes, galvanomètres; petits modèles d'appareils électriques.

Boivin (A.), à Paris, rue de l'Abbaye, 16. — Sonneries électriques; tubes acoustiques; piles; télégraphie domestique.

Bonis (**Dame**), à Paris, rue Montmartre, 18. — Fils métalliques recouverts, pour la télégraphie.

Bontemps (C.), inspecteur des lignes télégraphiques, à Paris. — Système permettant de déterminer la position des dérangements dans les tubes pneumatiques.

Bréguet (L. F. C.), à Paris, quai de l'Horloge, 39. — Poste télégraphique

(modèle du chemin de fer de Lyon) (appareils à cadran); tablette-poste (appareils Morse); indicateurs Regnault et Tyer; télégraphe militaire de Trouvé; télégraphie domestique; machine Gramme, applicable à la télégraphie; téléphone Bell; appareils divers. — En collectivité avec M. Bernier.

Bréguet (A.) **fils**, à Paris, quai de l'Horloge, 39. — Appareils télégraphiques; téléphone à mercure; machine électrique.

Cacheleux (A. F.), chef de transmission des lignes télégraphiques, à Paris, rue des Vieilles-Haudriettes, 6. — Appareil télégraphique imprimant au moyen d'un tire-ligne; appareil télégraphique reproduisant les signaux de l'appareil français.

Callaud (J. A.), à Nantes (Loire-Inférieure), rue du Bouffay, 2. — Piles télégraphiques; paratonnerres.

Camacho (J.), à Paris, rue du Marché-Neuf, 4. — Appareils électriques.

Cammas (P. G. A.), à Montauban (Tarn-et-Garonne.). — Système de lignes télégraphiques souterraines.

Cance, à Paris. — Électro-aimant.

Canson et Montgolfier, à Vidalon-lès-Annonay, commune de Davézieux (Ardèche). — Papier-bande à l'usage des appareils télegraphiques.

Casanova, à Paris, rue Marcadet, 98. — Appareils et sonneries à air; tubes acoustiques.

Chambrier (A. É.), à Charleville (Ardennes), faubourg du Petit-Bois, 2. — Tables-postes télégraphiques; appareils imprimeurs se communiquant.

Charles (C.), chef de transmission principal des lignes télégraphiques, à Paris, rue de Vaugirard, 173. — Balance électro-magnétique, galvanomètres à cadran et à réflecteur.

Chassan et Hault, agents spéciaux des lignes télégraphiques, à Paris, rue Bonaparte, 62. — Appareil Morse.

Chauvin et Marin-Darbel, à Paris, rue du Banquier, 25. — Machine à essayer les fils de fer et les bandes de papier télégraphique.

Claverie (B.), surveillant des lignes télégraphiques, à Bagnères-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées), place de Strasbourg, 22. — Trois isolateurs perfectionnés.

Clément (J.), à Paris, rue de Lafayette, 118. — Sonneries électriques; sonneries acoustiques; tuyaux acoustiques; timbres.

Clérac, sous-inspecteur des lignes télégraphiques, **et Guichenot**, ingénieur civil, à Paris, rue Dareau, 89. — Télégraphe enregistreur des votes à l'usage des assemblées.

Combettes (De) et Cie, à Paris, rue de Bondy, 92. — Appareils électriques divers; tuyaux acoustiques; piles sèches.

Courtot (C. M.), à Paris, rue Caumartin, 75. — Appareils électriques et acoustiques.

Crespin, Marteau et Felbinger, à Paris, avenue Parmentier, 23. — Appareils de production d'air comprimé et de vide nécessaires aux appareils télégraphiques Felbinger et Crespin; appareils de télégraphie pneumatique.

Cuchet (P.), à Paris, rue d'Aboukir, 3. — Avertisseurs d'incendies; appareils pour ouvrir et fermer automatiquement les conduites d'eau.

Debayeux (A.), à Paris, rue des Blancs-Manteaux, 41. — Indicateurs électriques pour appartements; machine à voter; télégraphes de démonstration.

Degas (C.), à Paris, rue de Sèvres, 28. — Outillage télégraphique.

Delaurier (É. J.), à Paris. rue Daguerre, 71. — Générateur d'électricité; galvanomètre.

Denayrouze (L.), à Paris, boulevard Voltaire, 3. — Appareils de télégraphie militaire (système Moritz).

Deschiens (J. E.), à Paris, boulevard Saint-Michel, 123. — Appareils télégraphiques; compteurs totalisateurs; mécanique de précision.

Desgoffe (A.), à Paris, rue de Bagneux, 4. — Poteaux télégraphiques métalliques de 5 à 25 mètres de hauteur.

Digney frères et Divernaresse, à Paris, rue des Poitevins, 6-8. — Appareils télégraphiques; instruments de précision.

Dolmaire (J. B.), à Saint-Dié (Vosges). — Télégraphe optique; télégraphe militaire.

Douce et Cᵉ, à Paris, rue de Rivoli, 116. — Sonneries domestiques; piles, porte-voix, paratonnerres et accessoires.

Dujardin, de Lille. — Appareil imprimeur.

Dumoulin-Froment (P.), à Paris, rue Notre-Dame-des-Champs, 85. — Appareils télégraphiques imprimant (système Hughes); récepteurs Morse.

Dusseau (L.), à Saintes (Charente-Inférieure), rue Eschassériaux, 40. — Contrôleur électrique de rondes.

Frion, à Paris, rue de Bourgogne. — Vases pour piles.

Gaiffe (L. A.), à Paris, rue Saint-André-des-Arts, 40. — Appareils de mesures électriques; galvanomètres; rhéostats; condensateurs.

Germain (P.), employé des lignes télégraphiques, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme). — Appareils télégraphiques imprimeurs (station complète de poche); pile portative; paratonnerre Bertsch perfectionné; appareils divers.

Girarbon (F. F.), agent spécial des lignes télégraphiques, à Paris, rue Blomet, 39. — Transmetteur automatique pour appareil Hughes.

Grassi et Reux, employés du télégraphe à Grenoble. — Rappel électrique non aimanté.

Grenet (E.), à Paris, rue Saint-Honoré, 354. — Sonneries électriques; piles; paratonnerres; tubes acoustiques.

Guénot et Dubois, à Paris, rue Saint-Denis, 183. — Piles électriques; briquets; appareils divers.

Guérin et Cᵉ, à Limoges (Haute-Vienne), faubourg Montmaillin. — Isolateurs télégraphiques.

Guérot (H.), à Paris, rue Daguerre, 53. — Pile Delaurier et liquide excitateur.

Hache et Pepin-Lehalleur frères, à Paris, rue de Paradis-Poissonnière, 24. — Isolateurs en porcelaine.

Hardy (E.) à Paris, avenue de Lamothe-Piquet, 6. — Appareil autogra-

phique Meyer, nouvellement perfectionné, et appareil multiple (sextuple ou octuple), système Meyer.

Hequet (T. A.), inspecteur des lignes télégraphiques, à Paris. — Électro-aimant ne conservant pas de magnétisme rémanent.

Houzeau (L. F.), commis principal des lignes télégraphiques, à Paris, rue Rousselet, 11. — Tendeur; monte-poinçon pour appareil Wheatstone; Guide pratique de télégraphie.

Jarriant (B.), à Paris, rue de Morny, 58. — Sonneries électriques; paratonnerres; tubes acoustiques.

Lafollye (C. J. de), directeur de la 9e région télégraphique à Tours (Indre-et-Loire). — Télégraphie photoscopique; spécimen de dépêches par pigeon.

Lagarde (J.), inspecteur des télégraphes, à Paris, rue de Sèvres, 15. — Isolateurs en porcelaine; condensateurs électriques.

Lartigue (H.), à Paris, rue de la Tour (Passy), 60. — Commutateur à mercure; applications de ce commutateur; galvanomètre inverseur automatique des courants; métronome électrique à projection et bâton de chef d'orchestre; appareils divers.

La Taille (**De**), inspecteur des lignes télégraphiques, à Orléans (Loiret). — Poteaux télégraphiques métalliques.

Leblan (J.), à Tourcoing (Nord), rue des Carliers, 23. — Appareil avertisseur des commencements d'incendie.

Leclanché, à Paris, rue Laval, 9. — Piles; contacts électriques.

Lefèvre (A.), à Bornel (Oise). — Télégraphe écrivant.

Legay (J. E.), à Paris, rue Laugier, 42. — Fils et câbles télégraphiques.

Leger (J. M.), à Paris, rue Baillet, 4. — Appareils acoustiques; porte-voix.

Leguay (J. E.), rue de la Tombe-Issoire, 95. — Appareils de mesures électriques.

Lenoir (J. J. É.), à Paris. boulevard Voltaire, 109. — Télégraphes autographiques.

Letourneau (L. T.), à Paris, avenue Montaigne, 37. — Paratonnerres système Bertsch.

Lorin (E. L. M. M.). inspecteur des lignes télégraphiques, à Paris. — Indicateur d'appels pour station télégraphique.

Martin et Sauteur frères, à Saint-Nicolas-d'Aliermont (Seine-Inférieure). — Appareils télégraphiques; pièces détachées.

Menier (E J..), à Paris, rue du Théâtre, 7. — Fils télégraphiques; câbles légers; câbles sous-marins et souterrains.

Mercadier (E.), sous-inspecteur des lignes télégraphiques, **et Mercadier** (A.), employé des lignes télégraphiques, à Paris, rue Caumartin, 27. — Système de télégraphie multiple inverse; horloge électrique.

Meyer (B.), chef de transmission télégraphique, à Paris, boulevard Saint-Denis, 1. — Appareils télégraphiques; système à transmission multiple.

Mignon et Rouart, à Paris, rue Oberkampf, 149-151. — Appareil de télégraphie atmosphérique et accessoires.

Mildé fils et Ce, à Paris, rue de Monceau, 3. — Sonneries d'appartement; avertisseurs d'incendie; machines à voter.

Morris (C. L. E.), inspecteur des lignes télégraphiques, à Paris, rue du

Vieux-Colombier, 17. — Perforateur pour percement des trous devant servir à la plantation des poteaux télégraphiques.

Mors (L.), à Paris, rue Saint-Martin, 4 *bis*. — Appareils électriques; tubes acoustiques; paratonnerres de divers systèmes.

Mouchel (P.), à Paris, boulevard de Grenelle, 18. — Signaux aériens et feux flottants, batteries pour théâtres.

Papin (C. L.), à Paris, boulevard Montparnasse, 51. — Poteaux télégraphiques en fer cornière, armés de supports isolateurs, de 7 à 11 mètres et de 18 mètres.

Paris (C. E.), au Bourget (Seine). — Isolateurs métalliques et à scellement vitreux.

Pellctier, à Paris, rue de Rome, 78. — Sonneries électriques; porte-voix; tableaux indicateurs; ouverture des portes par l'air; instruments divers.

Perrin (A.), à Chambéry (Savoie). — Appareils pour télégraphie civile et militaire.

Perrin (Ad.), employé des lignes télégraphiques, à Paris. — Nouveau système d'électro-aimant.

Petit (G.), chef de transmission télégraphique, à Paris, rue Blomet, 91. — Avertisseur d'incendie.

Pillivuyt (C.) **et Cᵉ**, à Paris, rue de Paradis-Poissonnière, 46. — Isolateurs en porcelaine.

Postel-Vinay (A.), à Paris, rue Vanneau, 38. — Appareils télégraphiques.

Preisch (P.), à Paris, rue Bourbon-le-Château, 1. — Tendeur pour les fils électriques.

Rattier et Cᵉ, à Paris, rue d'Aboukir 4. — Câbles télégraphiques.

Sieur (J. X. E.), employé des lignes télégraphiques, à Provins (Seine-et-Marne). — Quadruple transmission télégraphique au moyen de la double transmission dans le même sens appliquée à la transmission duplex.

Société anonyme des forges de Franche-Comté, à Paris, avenue Daumesnil, 116. — Fils télégraphiques; supports; poteaux métalliques.

Société anonyme des Téléphones Bell, à Paris, rue de la Bourse, 1. — Téléphones et accessoires de la téléphonie.

Sortais (T.), à Lisieux (Calvados). — Télégraphe récepteur automatique; appareils électriques applicables à la marine.

Terral (P.) **et Mandroux** (L.), agents spéciaux des lignes télégraphiques, à Paris, rue de Sèvres, 101. — Appareils Hughes duplex; échappement de la détente de l'appareil Hughes.

Tiveyrat (P.), au Puy (Haute-Loire), avenue de Taulhac. — Manchons en tôle de fer; substances pour préserver les poteaux en bois des lignes télégraphiques.

Tomasi (F.), à Paris, avenue de Wagram, 30. — Appareil applicable à la télégraphie sous-marine.

Vauzelle (J. B. F.) **et fils**, à Paris, rue Saint-Maur, 146. — Matériel télégraphique pour lignes et piles; poteaux télégraphiques.

Walcker (W.), à Paris, rue Rochechouart, 42. — Sonneries à air; tubes acoustiques.

DES GRANDEURS ÉLECTRIQUES

ET DE LEUR MESURE EN UNITÉS ABSOLUES.

(Suite.)

VII

PHÉNOMÈNES ET UNITÉS ÉLECTRO-DYNAMIQUES.

155. *Actions électro-dynamiques.* — Les courants exercent les uns sur les autres des actions mécaniques dont les lois ont été découvertes par Ampère. Ces lois se résument dans la formule suivante qui donne la force f avec laquelle s'attirent deux éléments infiniment petits de courant, ds et ds', suivant la droite qui joint leurs centres

$$f = \frac{Kii'dsds'}{r^2}\left(\cos\omega - \frac{3}{2}\cos\alpha\cos\alpha'\right), \qquad (1)$$

i et i' étant les intensités des deux courants qui parcourent les éléments ds et ds' ; r la distance de leurs centres, ω l'angle que forment entre eux ces deux éléments, α et α' les angles qu'ils forment l'un avec la droite qui les réunit, l'autre avec son prolongement, et K une constante positive qui dépend des unités adoptées. La force f est attractive lorsque la valeur de f est positive, et répulsive lorsque cette valeur est négative (*).

(*) La formule peut aussi se mettre sous la forme

$$f = \frac{Kii'\,ds\,ds'}{r^2}\left(\sin\alpha\sin\alpha'\cos\theta - \frac{1}{2}\cos\alpha\cos\alpha'\right),$$

θ étant l'angle que forment entre eux les deux plans menés par les deux éléments et la ligne qui joint leur centre.

Cette formule n'est directement applicable que dans le cas où l'on considère deux portions de courant ds et ds' très-petites par rapport à la distance, r, qui les sépare; mais on peut en déduire l'action de deux courants quelconques l'un sur l'autre en calculant la somme, ou l'intégrale, des actions exercées par les éléments de l'un des courants sur les éléments du second. L'action résultante est soit une force unique, soit un couple.

L'expression qui représente l'action d'une portion de courant sur une autre comprend deux facteurs; l'un, Kii', est constant pour des courants de même intensité; quant à l'autre, qui est la somme des termes $\frac{ds\,ds'}{r^2}\left(\cos\omega - \frac{3}{2}\cos\alpha\cos\alpha'\right)$, il est numérique et indépendant des unités adoptées, puisque le rapport $\frac{ds\,ds'}{r^2}$ d'un produit de deux lignes à un carré est indépendant de l'unité de longueur.

Si l'on désigne par A la quantité numérique qui correspond à cette intégrale et par F la force résultante, lorsque l'action se réduit à une force unique, on a :

$$F = Kii'A.$$

Jusqu'ici nous avons adopté pour unité de quantité d'électricité la quantité qui repousse une quantité égale située à l'unité de distance avec l'unité de force (n° 34). L'unité d'intensité qui s'en déduit est alors l'intensité du courant produit par l'unité de quantité qui s'écoule à travers un conducteur pendant l'unité de temps.

Cette unité étant fixée, la valeur du coefficient K est déterminée et peut être trouvée par l'expérience. On peut en effet calculer l'intégrale A pour deux portions de courant et en déduire le produit $ii'A$; en mesurant par l'ex-

périence la force absolue F à laquelle est soumise l'un des courants lorsque l'autre est fixe, on a :

$$K = \frac{F}{i'i''A}.$$

La valeur du coefficient K dépend des unités fondamentales adoptées; les dimensions de l'unité d'intensité i du courant sont en effet (n° 102) $\frac{L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}}{T^2}$, celles de l'unité de force F sont $\frac{M}{T^2}$, A est d'ailleurs un coefficient numérique; il en résulte, pour les dimensions de K,

$$K = \frac{T^2}{L^2} \quad \text{ou} \quad K = \frac{I}{\frac{L^2}{T^2}}$$

ou l'inverse du carré d'une vitesse. Nous reviendrons plus tard sur la valeur de cette vitesse.

156. *Unités électro-dynamiques.* — Au lieu de prendre pour point de départ des unités électriques les phénomènes électrostatiques, on peut adopter pour unité celle de l'intensité du courant et la déduire de la loi d'Ampère en faisant K = 1 dans la formule (1), qui devient alors

$$f = \frac{ii'dsds'}{r^2}\left(\cos\omega - \frac{3}{2}\cos\alpha\cos\alpha'\right).$$

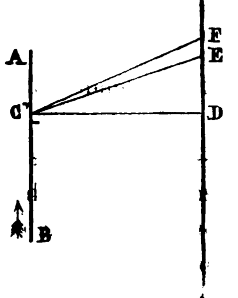
Il suffit, pour avoir la grandeur de l'unité d'intensité, de chercher par l'expérience la force avec laquelle s'attirent ou se repoussent deux portions de courant dont le rapport des intensités est connu et dont les circuits sont tels qu'on puisse intégrer l'expression $\frac{dsds'}{r^2}(\cos\omega -$

$\frac{3}{2}\cos\alpha\cos\alpha'$) pour les parties qui sont mobiles (*).

Le cas le plus simple est celui où l'on prend deux courants rectilignes parallèles; s'ils vont dans le même sens, on a : $\omega = 0°$, $\cos\omega = 1$, et la formule devient:

$$f = \frac{ii'dsds'}{r^2}\left(1 - \frac{3}{2}\cos\alpha\cos\alpha'\right).$$

Fig. 43.



Cette expression est directement intégrable lorsqu'on suppose l'un des courants d'une longueur indéfinie, ou du moins assez grande pour que ses extrémités n'aient pas d'influence sensible sur l'autre courant.

Soient (*fig.* 43) l la longueur du courant fini AB dont l'intensité est i, $d = CD$ la distance des deux courants, i' l'intensité du courant indéfini MN; la force, f, avec laquelle ils s'attirent l'un l'autre a pour expression

$$f = \frac{ii'l}{d} \text{ (**)}.$$

Si l'on suppose $f = 1$, $d = l$, et $i = i'$, on en tire $i = 1$.

Ce qui permet de définir dans le système électro-dynamique l'in-

(*) On sait comment on peut rendre une partie d'un circuit mobile au moyen de l'appareil d'Ampère, ou de flotteurs.

(**) Cette loi, qui a d'abord été trouvée par l'expérience, est une de celles qui ont servi à Ampère pour établir la loi élémentaire de l'action de

tensité du courant, comme étant « l'intensité du courant rectiligne, qui serait attiré avec l'unité de force par un courant indéfini parallèle, situé à une distance égale à sa propre (*) longueur. »

La formule $f = \frac{i^2 l}{d}$, d'où l'on tire $i = \sqrt{\frac{df}{l}}$, pourrait servir à mesurer l'intensité d'un courant en unités électro-

deux éléments de courant. Si l'on adopte au contraire la loi élémentaire, on peut en déduire la formule $f = \frac{ii'l}{d}$.

La composante, suivant une perpendiculaire CD aux deux courants, de l'action exercée par un élément EF du courant indéfini, sur l'élément $C = ds$ du courant fini est, en effet,

$$\frac{ii'ds \times EF}{\overline{CF}^2}\left(1 - \frac{3}{2}\cos\alpha\cos\alpha'\right)\cos ECD,$$

en désignant par ω l'angle ECD et remarquant que $\alpha = \alpha' = ECA = 90 - \omega$ que $CE = \frac{CD}{\cos\omega} = \frac{d}{\cos\omega}$, et que $EF = \frac{CE \sin FCE}{\sin CFE} = \frac{dd\omega}{\cos^2\omega}$, la composante de la force attractive devient

$$\frac{ii'ds}{d}\left(1 - \frac{3}{2}\sin^2\omega\right)\cos\omega d\omega,$$

dont l'intégrale générale est

$$\frac{ii'ds}{d}\left(\sin\omega - \frac{1}{2}\sin^3\omega\right).$$

On a l'action de la partie DM du circuit indéfini sur l'élément ds en prenant la différence des valeurs obtenues en faisant $\omega = 0$ et $\omega = 90°$, ce qui donne $\frac{ii'ds}{2d}$.

La partie inférieure DN du courant indéfini produit une composante horizontale égale; l'action totale du courant MN sur l'élément ds est donc $\frac{ii'ds}{d}$.

Tous les éléments du courant AB sont soumis à une force semblable, parallèle à la ligne CD; la force totale est donc $\frac{ii'l}{d}$.

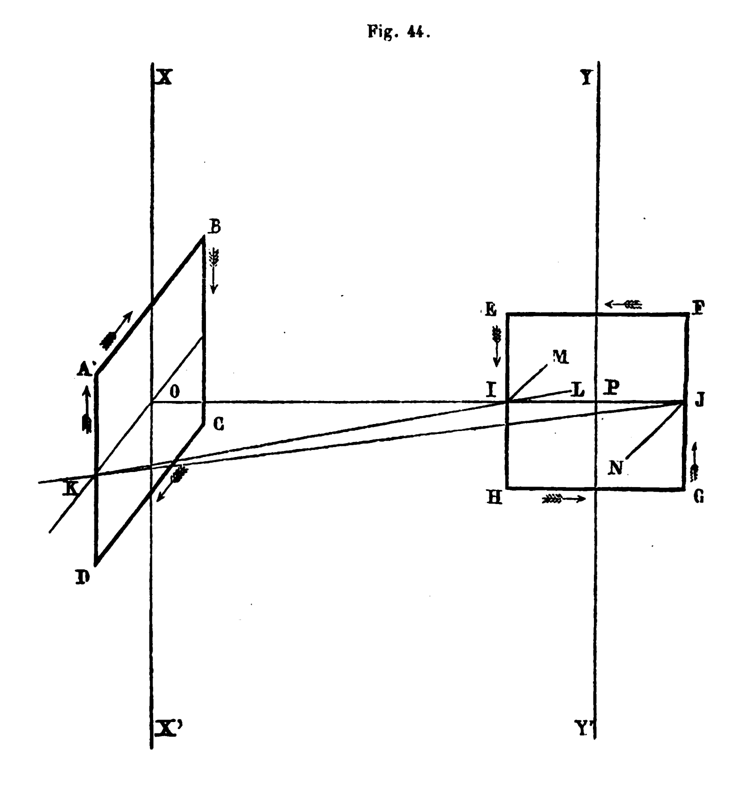
(*) La définition qu'on donne quelquefois de l'unité absolue d'intensité de courant, « le courant qui, circulant dans un fil droit de l'unité de longueur, attire un courant semblable situé à une distance égale », n'est donc pas exacte dans le système électro-dynamique, elle l'est encore moins dans le système électro-magnétique.

dynamiques, et à déterminer l'unité électro-dynamique d'intensité, mais l'expérience serait difficilement réalisable, car la force avec laquelle s'attirent deux courants est extrêmement faible et ne pourrait être facilement multipliée avec des conducteurs de forme rectiligne.

157. On arrive à un résultat plus pratique en considérant l'action de deux courants fermés d'une dimension très-petite par rapport à leur distance, et pour simplifier nous supposerons deux courants rectangulaires ou même carrés, ce qui rend les calculs plus simples.

Soient deux circuits carrés ABCD et EFGH (*fig.* 44),

Fig. 44.



situés à une assez grande distance l'un de l'autre, traversés par deux courants dont les sens sont indiqués par des flèches et dont les intensités sont i et i', soient a et b les côtés AB et EF de ces carrés, dont les surfaces sont a^2 et b^2, et D la distance des centres, OP.

Supposons ces deux circuits dans des plans perpendiculaires l'un à l'autre, le centre P du second se trouvant sur une normale au plan du premier conducteur élevée au centre O de ce dernier.

Le premier circuit étant fixe, et le second mobile autour de la ligne verticale YY' qui passe par son centre, ce dernier est soumis à un couple de rotation qu'on peut calculer en cherchant l'action des côtés verticaux AD et BC sur les côtés EH et FG, les autres actions étant nulles ou détruites par la résistance de l'axe de rotation.

La grandeur des côtés a et b étant supposée très-petite par rapport à la distance des deux circuits, on peut appliquer directement la formule d'Ampère.

Le côté AD repousse EH dans la direction IL avec une force égale à $\frac{abii'}{\overline{KI}^2}$; la composante suivant la normale IM au plan EFGH est :

$$\frac{abii'}{\overline{KI}^2}\cos \text{LIM} = \frac{abii'}{\overline{KI}^2}\sin \text{OIK} = \frac{a^2bii'}{2\overline{KI}^3}.$$

BC produit sur EH une force attractive, dont la composante suivant IM est égale à la précédente. La somme de ces deux composantes est

$$\frac{a^2bii'}{\overline{KI}^3},$$

et le moment de cette force par rapport à l'axe de rota-

tion YY′, égale à son produit par $\frac{b}{2}$, est

$$\frac{a^2b^2ii'}{2\overline{KI}^3}.$$

En J il se produit, suivant JN, une force de direction contraire à IM qui donne lieu à un couple de rotation agissant dans le même sens que le précédent et égal à

$$\frac{a^2b^2ii}{2\overline{KI}^3}.$$

Le moment total de rotation, M, est

$$M = \frac{a^2b^2ii'}{2}\left(\frac{1}{\overline{KI}^3} + \frac{1}{\overline{KJ}^3}\right),$$

ou, en remarquant qu'en raison de l'éloignement des deux courants par rapport à leurs dimensions, on peut poser KI = KJ = OP = D,

$$M = \frac{a^2b^2ii'}{D^3} \ (*).$$

La même formule s'applique à des courants fermés quelconques, disposés comme les courants rectangulaires représentés dans la figure, à deux courants circulaires, par exemple; si S et S′ sont les surfaces des deux cercles,

(*) On arriverait d'une manière plus rigoureuse au résultat en remplaçant

$$\text{KI par } \left[\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(D - \frac{b}{2}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}},$$

$$\text{KJ par } \left[\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(D + \frac{b}{2}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}},$$

en faisant le développement de l'expression et en négligeant les termes qui contiennent le rapport $\frac{a}{D}$ ou $\frac{b}{D}$ à une puissance supérieure à la troisième.

le moment de rotation du courant mobile est

$$M = \frac{SS'ii'}{D^3}.$$

Si l'on suppose $S = S' = 1$, $i = i'$ et $M = \frac{1}{D^3}$ on a $i = 1$.

On peut donc dire que « l'unité électro-dynamique d'intensité est celle d'un courant qui, traversant deux conducteurs circulaires de surface égale à l'unité, placés dans des plans normaux à une grande distance l'un de l'autre, de façon que le centre du premier se trouve sur une normale élevée au centre du second, développerait sur le premier circuit un couple de rotation dont le moment serait égal à l'unité divisée par le cube de la distance des deux centres ».

Cette définition a été donnée par Weber.

L'action du second conducteur, EFGH, sur le premier ABCD, est différente. Elle comprend, en premier lieu, l'action des côtés EH et FG sur AB et CD, qui produit un moment de rotation égal à $\frac{2a^2b^2ii'}{D^3}$, et, en outre, celle des côtés EF et GH, qui agissent en sens contraire et donnent lieu à un moment égal à $\frac{3a^2b^2ii'}{2D^3}$, de sorte que l'action résultante est un moment de rotation de ABCD autour de l'axe XX', dont la valeur est $\frac{a^2b^2ii'}{2D^3}$, ou plus généralement $\frac{SS'ii'}{2D^3}$, si S et S' sont les surfaces enveloppées par les deux courants.

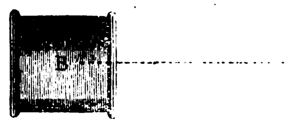
Ce moment est moitié moindre que celui auquel est soumis le circuit EFGH.

158. On peut, en appliquant ces formules, déterminer

directement par l'expérience l'intensité du courant en unités électro-magnétiques.

Au lieu de deux conducteurs rectangulaires ou circulaires dont l'action serait très-faible, considérons deux bobines de fil recouvert de soie, B et P (*fig.* 45), dont les

Fig. 45.




axes se coupent à angle droit et qui sont placées de telle façon que le centre de la seconde, P, se trouve sur l'axe de la première et à une assez grande distance. L'action de la bobine B sur la bobine P produit un couple de rotation égal à

$$\frac{nn'SS'ii'}{D^3};$$

n et n' étant les nombres de tours du fil des deux bobines, S et S' les surfaces moyennes des spires, et D la distance des centres des bobines.

On suspend la bobine P au moyen de deux fils métalliques écartés l'un de l'autre qui lui permettent de tourner en opposant une certaine résistance au mouvement (*) ; le courant qui arrive et sort par les deux fils de suspension est le même que celui qui traverse la bobine fixe B, de sorte que le couple dû à l'action électrodynamique est

$$\frac{nn'SS'i^2}{D^3}.$$

La bobine P, orientée préalablement dans la direction

(*) Ce genre de suspension, dit bifilaire, a été imaginé par Gauss et appliqué par lui aux magnétomètres.

de l'aiguille aimantée, dévie sous l'influence du courant et prend une position d'équilibre sous cette action, combinée avec celle du magétisme terrestre et la torsion des deux fils de suspension.

On peut éliminer l'action du magnétisme terrestre, qui est d'ailleurs très-faible, en faisant passer le courant alternativement dans les deux sens et en prenant la moyenne des observations, ou en faisant tourner l'axe qui supporte les deux fils de suspension de façon à ramener la bobine à sa position première.

Le moment dû aux deux fils de suspension est, ainsi que Gauss l'a démontré, égal à $\Delta \sin u$, u étant l'angle de déviation, Δ une constante qui a pour valeur $\frac{ab}{l} \times \frac{P}{g}$, a et b représentant les espacements des deux fils aux points de suspension et à la bobine, qui peuvent être égaux, par l leur longueur et par $\frac{P}{g}$ la masse de la bobine mobile, égale à son poids P divisé par l'intensité g de la pesanteur. La constante Δ peut d'ailleurs se déterminer expérimentalement par la méthode des oscillations.

Quant à l'action électro-dynamique, si la bobine a été ramenée à sa position initiale, elle est $\frac{nn'SS'i^2}{D^3}$; on a donc

$$\frac{nn'SSi^2}{D^3} = \Delta \sin u$$

ou

$$i = \sqrt{\frac{\Delta D^3 \sin u}{nn'SS'}}.$$

On se dispense ordinairement de ramener la bobine mobile à sa position initiale, et l'on se borne à observer sa déviation par le déplacement d'un point lumineux

réfléchi par un petit miroir collé sur les spires du noyau.

En admettant que l'action électro-dynamique reste constante, ce qui est vrai pour de faibles déviations, et en ne tenant pas compte de l'action de la terre, on a pour le conple qui tend à faire tourner la bobine, lorsque la déviation est v,

$$\frac{nn'SS'i^2 \cos v}{D^3},$$

ce qui donne pour la position d'équilibre

$$\frac{nn'SS'i^2 \cos v}{D^3} = \Delta \sin v,$$

ou

$$i = \sqrt{\frac{\Delta D^3 \operatorname{tg} v}{nn'SS'}},$$

qui donne la valeur de l'intensité i en unités électro-dynamiques absolues.

159. *Dimensions des unités électro-dynamiques.* — Ainsi qu'on l'a vu, l'unité électro-dynamique d'intensité se déduit de la formule

$$f = \frac{ii'dsds'}{r^2}\left(\cos \omega - \frac{3}{2} \cos \alpha \cos \alpha'\right),$$

dont l'intégrale, pour deux portions finies de courants, peut se mettre sous la forme

$$F = ii'A;$$

F étant une force et A un coefficient numérique qui dépend de la forme et de la situation des courants. La formule devient

$$F = i^2 A$$

lorsque les deux courants ont la même intensité, ou

$$F = i^2$$

si les deux courants sont rectilignes, parallèles et si l'un d'eux étant indéfini, l'autre en est éloigné d'une distance égale à sa propre longueur. On obtient l'unité d'intensité lorsque $F = 1$.

Quant aux dimensions de cette unité, I_d, elles se déduisent de l'équation $F = i^2$, ou $F = I_d^2$, si F est l'unité de force. En remplaçant F par son expression en fonction des unités fondamentales, $F = \frac{ML}{T^2}$, on a

$$I_d = \frac{M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}}}{T}.$$

La quantité q d'électricité qui traverse un conducteur est égale au produit de l'intensité du courant, i, qu'elle produit par le temps t pendant lequel dure le courant, ou $q = it$; en supposant $i = 1$ et $t = 1$, on a l'unité de quantité, Q_d, dont les dimensions sont données par l'équation

$$Q_d = I_d T,$$

ou

$$Q_d = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}.$$

Les dimensions de l'unité de quantité sont indépendantes de l'unité de temps.

Quant à la résistance, elle se déduit de la loi de Joule

$$w = i^2 r t,$$

dans laquelle w est la quantité de travail, ou de chaleur équivalente, développée pendant le temps t par un courant dont l'intensité est i dans un circuit dont la résistance est r.

Si dans cette équation on suppose $w = 1$, $i = 1$ et $t = 1$, on a $r = 1$, ce qui permet de définir l'unité de résistance. C'est celle d'un conducteur qui, parcouru

pendant l'unité de temps par un courant d'intensité égale à l'unité, absorberait une quantité de chaleur équivalente à l'unité de travail.

R_d étant l'unité électro-dynamique de résistance, I_d l'unité d'intensité, W et T les unités de travail et de temps, on a $W = I_d^2 R_d T$, d'où

$$R_d = \frac{W}{I_d^2 T},$$

et, en remplaçant I_d par ses dimensions, $\frac{M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}}}{T}$, et W par $\frac{ML^2}{T^2}$ (n° 27),

$$R_d = \frac{L}{T}.$$

La résistance est donc représentée par une vitesse.

Enfin la force électromotrice, e, se déduit de la formule d'Ohm $i = \frac{e}{r}$, ou

$$e = ri,$$

on a : $e = 1$ lorsque $r = 1$ et $i = 1$.

En remplaçant r et i par les unités R_d et I_d, on trouve pour l'unité électro-dynamique de force électromotrice E_d

$$E_d = R_d I_d,$$

ou, en substituant à la place de R_d et de I_d les valeurs trouvées ci-dessus,

$$E_d = \frac{M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}}}{T^2};$$

ce sont les dimensions de la force électromotrice.

Nous n'insisterons pas sur les valeurs de ces unités qui, ainsi qu'on le verra, ne diffèrent que par un simple

coefficient numérique des unités électro-magnétiques qui sont généralement adoptées.

VIII.

PHÉNOMÈNES ET UNITÉS MAGNÉTIQUES.

160. *Phénomènes élémentaires.* — Les unités électro-magnétiques, ayant pour point de départ les unités magnétiques nous passerons d'abord en revue ces dernières.

On sait que le magnétisme est la propriété d'attirer le fer dont jouit un minerai de fer (oxyde magnétique de fer, représenté par la formule Fe^3O^4), que cette propriété se communique, soit à titre permanent à l'acier, soit à titre provisoire au fer doux, et qu'on nomme *aimants* les corps qui en jouissent naturellement et ceux auxquels elle a été communiquée artificiellement.

L'action magnétique se concentre, en général, au deux extrémités des aimants en deux points, dont l'un nommé pôle nord, austral ou positif, tend à se diriger vers le nord de la terre, tandis que l'autre appelé pôle sud, boréal ou négatif, tend à se diriger vers le sud. Les mots *nord* et *sud* s'appliquent à la direction que tend à prendre l'aimant; les mots *austral* et *boréal* à la nature des pôles qui, lorsque l'aimant est orienté, doivent être contraires à ceux du globe terrestre considéré lui-même comme un aimant. On sait, en effet, que les pôles de deux aimants se repoussent s'ils tendent à se diriger l'un et l'autre vers le nord ou vers le sud de la terre, et qu'ils s'attirent si l'un tend à se diriger vers le sud et l'autre vers le nord.

Les aimants agissent non-seulement sur le fer, mais encore sur la plupart des corps solides, liquides ou gazeux dont les uns, nickel, cobalt, manganèse, oxygène, etc. (*), sont attirés par les pôles des aimants, et sont nommés paramagnétiques ou simplement magnétiques, tandis que les autres, bismuth, antimoine, zinc, mercure, eau, etc., sont repoussés et sont appelés diamagnétiques. L'action des aimants sur ces corps est infiniment moindre que sur le fer; aussi ne nous en occuperons-nous pas.

161. Les phénomènes magnétiques sont essentiellement moléculaires, chaque particule d'un corps aimanté, si petite qu'elle soit, se comportant comme un petit aimant et ayant par conséquent deux pôles. Ce fait a conduit Coulomb à supposer que les molécules des corps magnétiques contiennent deux fluides distincts, qui sont réunis quand le corps est à l'état neutre, tandis qu'ils sont séparés lorsqu'il est aimanté, la séparation étant plus ou moins complète, suivant que l'aimantation est plus ou moins forte.

Ampère a été amené, par l'étude des phénomènes électro-magnétiques, à une hypothèse différente qui paraît se rapprocher davantage de la réalité. D'après cette hypothèse, chaque molécule d'un corps magnétique est un véritable aimant ayant deux pôles, mais les diverses molécules ont des orientations irrégulières, et la somme de leurs actions sur un point extérieur est nulle; l'aimantation se produit lorsque, sous l'influence d'une

(*) Le pouvoir magnétique du fer étant représenté par 100.000, celui d'un poids égal d'oxygène est 377, et celui d'un poids égal d'air 88; on en conclut que l'atmosphère entière de la terre agit au point de vue magnétique comme une couche de fer qui envelopperait notre globe et aurait $\frac{1}{10}$ de millimètre d'épaisseur.

action extérieure, les éléments moléculaires prennent une même orientation, orientation qui persiste dans l'acier ou les corps doués de force coercitive, et qui cesse dans le fer doux avec la cause qui l'avait produite. C'est ce qui expliquerait les bruits que l'on entend quand, à l'aide d'un courant électrique, on aimante et l'on désaimante rapidement un barreau de fer doux. Quant à l'origine de l'aimantation des molécules, elle résulterait de courants électriques permanents qui circuleraient autour de chacune d'entre elles.

162. Quoi qu'il en soit, un corps ne peut jouir des propriétés magnétiques que si dans une certaine étendue de ce corps les molécules ont leurs pôles orientés de la même manière. Les pôles contraires en présence s'annulent au contact des molécules voisines si l'aimantation est régulière, mais aux deux extrémités se trouvent, d'un côté un pôle nord et de l'autre un pôle sud qui sont libres.

La séparation des deux fluides dans un aimant permanent est maintenue par une force spéciale nommée force coercitive et par l'action réciproque des pôles contraires des molécules qui se suivent. Cette dernière action étant plus faible aux extrémités d'un aimant qu'en son milieu, on comprend que la séparation des deux fluides y soit moindre, et que par suite le magnétisme libre occupe un certain volume, qui reste sensiblement le même lorsque la longueur des aimants dépasse une certaine limite.

Entre les deux parties d'un aimant, dont les aimantations sont de noms contraires, il existe toujours une surface sans action magnétique, dont l'intersection avec la surface extérieure se nomme la ligne neutre. Si l'aimant a une grande longueur, l'espace neutre peut occuper une certaine étendue; on peut même concevoir des aimants

fortement aimantés qui soient complétement neutres et paraissent dépourvus de magnétisme ; c'est ce qui a lieu, par exemple, pour un anneau circulaire en acier régulièrement aimanté dans toute son étendue, ou encore pour un système composé de deux aimants également aimantés dont les pôles égaux et de noms contraires sont mis en contact.

On peut d'ailleurs concevoir et réaliser des aimants dont l'aimantation soit très-irrégulière, tels, par exemple, que des aimants rectilignes dont la ligne neutre soit située en un point quelconque de la longueur ou qui possèdent plus de deux pôles, qu'une sphère pleine ayant un pôle déterminé au centre et un pôle de nom contraire épanoui sur la surface ou deux pôles de même nom au centre et à la surface et un pôle de nom contraire situé sur une surface sphérique intermédiaire, etc., etc.

Ces divers effets s'obtiennent, soit par un mode particulier d'aimantation, soit en réunissant convenablement un certain nombre d'aimants régulièrement aimantés.

Dans les aimants ordinaires, le magnétisme ne pénètre que jusqu'à une faible profondeur. Si l'on enlève par dissolution une petite couche de métal, on trouve, en effet, que l'intérieur est dépourvu des propriétés magnétiques. La pénétration du magnétisme est d'ailleurs plus ou moins grande, suivant que l'aimantation est plus ou moins forte.

M. Jamin a même pu superposer dans un même barreau d'acier plusieurs couches magnétiques de sens opposés et pénétrant à des profondeurs différentes. Ces diverses couches peuvent produire des effets contraires qui se détruisent, de sorte qu'on barreau d'acier peut paraître à l'état neutre et reprendre ses propriétés ma-

gnétiques, si l'on enlève une petite couche superficielle en le plongeant dans un acide.

Dans l'étude des grandeurs magnétiques, on n'a à se préoccuper que du magnétisme libre aux divers points des aimants, c'est-à-dire de l'excès du magnétisme du pôle d'une molécule sur le magnétisme contraire de la molécule suivante.

Grandeurs magnétiques.

163. *Lois des attractions et répulsions magnétiques. Unité de quantité.* — Deux quantités de magnétisme sont égales lorsque placées de la même manière par rapport à un aimant, elles sont soumises à des actions identiques; elles sont égales et de noms contraires lorsque les actions exercées par l'aimant sont égales et dirigées en sens opposés, ce qui permet dans les calculs de considérer l'une d'elles comme négative. Enfin, l'une des quantités de magnétisme est n fois plus grande ou plus petite que l'autre, si l'action de l'aimant est n fois plus grande ou n fois plus petite.

Lorsque le magnétisme occupe un certain volume, un aimant suffisamment éloigné exerce en chaque point de ce volume des forces qui sont sensiblement parallèles. Le point d'application de ces forces est le pôle de la masse magnétique, et la quantité de magnétisme libre répandue dans le volume représente l'intensité du pôle magnétique.

Dans les aimants régulièrement aimantés, le magnétisme n'est libre que vers les deux extrémités dont l'une contient du fluide austral et l'autre une égale quantité de fluide boréal, et ces deux fluides peuvent, dans les

actions magnétiques à distance, être considérés comme concentrés en deux points qui sont les pôles de l'aimant.

164. Les phénomènes d'attraction et de répulsion magnétiques ont été étudiés par Coulomb au moyen de la balance de torsion et par la méthode des oscillations; ils peuvent se résumer dans la loi suivante :

Deux pôles magnétiques d'intensité μ et μ' situés à une distance a, agissent l'un sur l'autre par attraction avec une force f qui a pour expression

$$f = \frac{K\mu\mu'}{a^2},$$

K étant une constante positive. La force f est répulsive si les deux pôles sont de même nom et est attractive s'ils sont de nom contraire.

On déduit de cette équation l'unité absolue de quantité ou de pôle magnétique en supposant μ positif et en faisant $K = 1$, $f = 1$, $a = 1$, et $\mu = \mu'$, ce qui conduit à $\mu = 1$. L'unité est donc la quantité de magnétisme nord ou positif qui repousserait une égale quantité de magnétisme semblable située à l'unité de distance avec l'unité absolue de force. Cette unité étant admise, la force avec laquelle agissent l'une sur l'autre les deux quantités magnétiques ou les deux pôles μ et μ' est

$$f = \frac{\mu\mu'}{a^2},$$

la force f étant répulsive lorsque sa valeur est positive, et attractive dans le cas contraire.

Les dimensions de l'unité de quantité ou de pôle magnétique, que nous représenterons par N, se déduisent de l'équation précédente, en faisant $f = F$, $d = L$, $\mu = \mu' = N$, F et L étant les unités absolues de force et de longueur; cette équation devient, en effet,

$$F = \frac{N^2}{L^2},$$

d'où

$$N = L\sqrt{F},$$

et, en remplaçant F par ses dimensions $\frac{LM}{T^2}$,

$$N = \frac{L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}}}{T}.$$

Si un pôle magnétique μ est soumis à l'action de plusieurs pôles μ_1, μ_2, μ_3, etc., situés à des distances a_1, a_2, a_3, etc., chacun de ces derniers exerce, suivant la ligne qui le joint au pôle μ, une force $\frac{\mu\mu_1}{a_1^2}$, $\frac{\mu\mu_2}{a_2^2}$, $\frac{\mu\mu_3}{a_3^2}$, etc. La résultante de ces diverses forces donne l'action totale; on peut la calculer en décomposant chacune des forces élémentaires suivant trois axes rectangulaires.

165. *Champ et potentiel magnétiques.* — Les attractions et répulsions magnétiques variant en raison inverse du carré de la distance, on peut appliquer au magnétisme la théorie du potentiel exposée précédemment à l'occasion des phénomènes électriques.

On nomme champ magnétique tout espace soumis à une action magnétique, c'est-à-dire tel que le pôle d'un aimant qui se trouverait dans cet espace y subirait une action magnétique, quelle qu'en soit d'ailleurs l'origine.

L'intensité d'un champ en un point est la grandeur de la force qui agirait sur l'unité de pôle magnétique concentrée en ce point. En représentant par h cette intensité, et par μ celle d'un pôle magnétique, on a pour la force f qui agit sur ce dernier

$$f = \mu h.$$

L'unité d'intensité de champ magnétique H est celle

du champ qui produirait l'unité de force F sur l'unité du pôle magnétique N, on a donc

$$F = NH.$$

En remplaçant F et N par leurs dimensions $F = \frac{LM}{T^2}$ et $N = \frac{L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}}{T}$, on obtient, pour celles de l'intensité d'un champ magnétique,

$$H = \frac{M^{\frac{1}{2}}}{L^{\frac{1}{2}}T}.$$

Il résulte de ces dimensions que l'unité d'intensité d'un champ magnétique ne change pas lorsque le rapport $\frac{M}{L}$ reste constant ; ainsi elle est la même lorsqu'on adopte pour unités fondamentales, comme nous l'avons fait jusqu'ici, le mètre et la masse du gramme, ou lorsqu'on adopte le millimètre et la masse du milligramme.

166. Le potentiel magnétique d'un point quelconque d'un champ magnétique, U, est la somme

$$\frac{\mu_1}{r_1} + \frac{\mu_2}{r_2} + \frac{\mu_3}{r_3} + \text{etc.} = \sum \frac{\mu}{r}$$

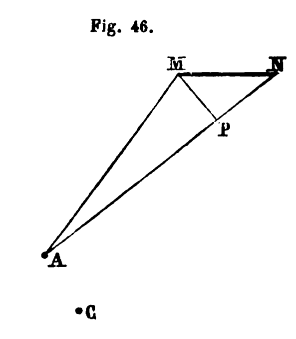
des rapports des masses magnétiques μ_1, μ_2, μ_3, qui existent dans le champ à leurs distances r_1, r_2, r_3, etc. au point considéré.

Les masses magnétiques μ_1, μ_2, μ_3, etc. peuvent, en général, être considérées comme concentrées aux pôles des aimants qui se trouvent dans le champ (*).

(*) Si la distance de quelques aimants au point considéré était trop faible pour qu'on pût regarder le magnétisme comme concentré aux pôles, la partie du potentiel correspondante serait $\int \frac{\rho\, dx\, dy\, dz}{r^2}$, ρ étant

On démontre aisément, comme pour l'électricité, que le travail effectué par l'unité de magnétisme, en se transportant d'un point à un autre, est égal à la différence des potentiels U — U' de ces deux points. Soient, en effet, MN (*fig.* 46) la ligne parcourue pendant un petit intervalle de temps par l'unité de magnétisme concentrée en M, et A, B, C, etc., les points où se trouvent concentrés des masses magnétiques μ_1, μ_2, μ_3, etc. La force exercée par la quantité de magnétisme μ_1, concentrée en A, sur l'unité de magnétisme située en M, est, si $AM = r_1$, $\frac{\mu_1}{r_1^2}$, et le travail w_1, produit par cette force pendant le mouvement de l'unité magnétique de M en N, est : $w_1 = \frac{\mu_1 d_1}{r_1^2}$, d_1 étant la différence PN des longueurs AN et AM, AM pouvant être considéré comme égal à AP.

Fig. 46.



D'un autre côté,

$$\frac{\mu_1}{r_1} - \frac{\mu_1}{r_1 + d_1} = \frac{\mu_1 d_1}{r_1(r_1 + d_1)}$$

Ou, en négligeant d_1 devant r_1,

$$\frac{\mu_1}{r_1} - \frac{\mu_1}{r_1 + d_1} = \frac{\mu_1 d_1}{r_1^2}.$$

On en déduit

$$w_1 = \frac{\mu_1}{r_1} - \frac{\mu_1}{r_1 + d_1}.$$

la densité du magnétisme au point dont les ordonnées sont x, y *et* z, ou le rapport de la quantité magnétique contenue dans un élément de volume à la grandeur de ce volume.

De même le travail w_2 dû à l'action de la masse μ_2 concentrée en B est

$$w_2 = \frac{\mu_2}{r_2} - \frac{\mu_2}{r_2 + d_2};$$

celui dû à l'action de la masse μ_3 cencentrée en C est

$$w_3 = \frac{\mu_3}{r_3} - \frac{\mu_3}{r_3 + d_3},$$

et ainsi de suite.

On a donc pour le travail total w, dû au transport de l'unité de pôle magnétique de M et N,

$$w = w_1 + w_2 + w_3 + \text{etc.} = \frac{\mu_1}{r_1} + \frac{\mu_2}{r_2} + \frac{\mu_3}{r_3} - \frac{\mu_1}{r_1 + d_1} - \frac{\mu_2}{r_2 + d_2} - \frac{\mu_3}{r_3 + d_3}$$

ou, en posant,

$$\sum \frac{\mu}{r} = \frac{\mu_1}{r_1} + \frac{\mu_2}{r_2} + \frac{\mu_3}{r_3} + \text{etc.}$$

et

$$\sum \frac{\mu}{r'} = \frac{\mu_1}{r_1 + d_1} + \frac{\mu_2}{r_2 + d_2} + \frac{\mu_3}{r_3 + d_3} + \text{etc.}$$

$$w = \sum \frac{\mu}{r} - \sum \frac{\mu}{r'} = \mathrm{U} - \mathrm{U}'.$$

Si l'unité de magnétisme passe du point N à un autre point voisin, le travail effectué w' sera encore égal à la différence des potentiels U' et U'' de ces deux points, ou à $\mathrm{U}' - \mathrm{U}''$; pendant le passage de ce troisième point à un quatrième ayant pour potentiel U''', le travail sera $\mathrm{U}'' - \mathrm{U}'''$ et ainsi de suite. Le travail total $w + w' + w'' \ldots = \mathrm{W}$ effectué pendant le passage d'un point dont le potentiel est U à un autre point dont le potentiel est U_n, est donc égal à la différence de ces potentiels, ou

$$\mathrm{W} = \mathrm{U} - \mathrm{U}_n = \sum \frac{\mu}{r} - \sum \frac{\mu}{r_n}.$$

Une quantité de magnétisme μ, en se transportant de l'un des points à l'autre, produit un travail égal à $\mu \mathrm{W}$, ou

à $\mu(U - U_n)$. Ce travail est positif si μ et $U - U_n$ sont de même signe, et négatif dans le cas contraire.

Pour un point situé à une distance infiniment grande des masses magnétiques, le potentiel $U_n = \sum \frac{\mu}{r_n}$ est nul et l'expression $U - U_n = \sum \frac{\mu}{r} - \sum \frac{\mu}{r_n}$ devient $U = \sum \frac{\mu}{r}$.

On peut donc définir le potentiel magnétique en un point comme étant « la quantité de travail que développerait l'unité de quantité magnétique en se transportant de ce point à l'infini sous l'influence des seules forces magnétiques ».

Les dimensions du potentiel magnétique se déduisent de l'expression $U = \sum \frac{\mu}{r}$, qui devient $U = \frac{\mu}{r}$, s'il n'existe qu'une seule masse magnétique μ, située à une distance r du point considéré. En remplaçant μ par l'unité de quantité magnétique N, et r par l'unité de longueur L,

$$U = \frac{N}{L};$$

en substituant à la place de N ses dimensions, données plus haut, on trouve pour celles du potentiel

$$U = \frac{L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}}{T}.$$

167. Les points de l'espace pour lesquels $U = \sum \frac{\mu}{r}$ est constant forment des surfaces dites équipotentielles ou de niveau.

Un pôle magnétique ne développe ou n'absorbe aucun travail en passant d'un point à un autre d'une de ces surfaces, puisque $W = U - U_n = 0$. La force résultante due aux diverses actions magnétiques d'un champ est donc en

chaque point normale à la surface équipotentielle ou de niveau qui passe par ce point.

On peut concevoir une série de lignes normales aux surfaces équipotentielles. La tangente à ces lignes, nommées lignes de force, donne en chaque point la direction de la force magnétique; cette direction est celle que prendrait un petit aimant libre de tourner autour de son centre. En chacun des points de l'espace il passe une surface équipotentielle et une ligne de force.

La conception des lignes équipotentielles et des lignes de force permet, comme dans la théorie de l'électricité, d'explorer complétement un champ magnétique.

Si le champ magnétique est dû à une seule masse magnétique μ concentrée en un point, les surfaces équipotentielles, données par l'équation $\frac{\mu}{r} = C$, sont des sphères concentriques ayant pour centre le point où se trouve la masse magnétique, et les lignes de force sont les rayons de ces sphères.

Supposons deux masses magnétiques égales de fluides contraires concentrées aux deux pôles A et B (*fig.* 47), ce qui est le cas des aimants ordinaires, lorsqu'on ne tient pas compte du magnétisme terrestre. Les surfaces équipotentielles ou de niveau sont données par l'équation $\frac{\mu}{r} - \frac{\mu}{r'} = C$, ou, en représentant par C′ la constante $\frac{C}{\mu}$,

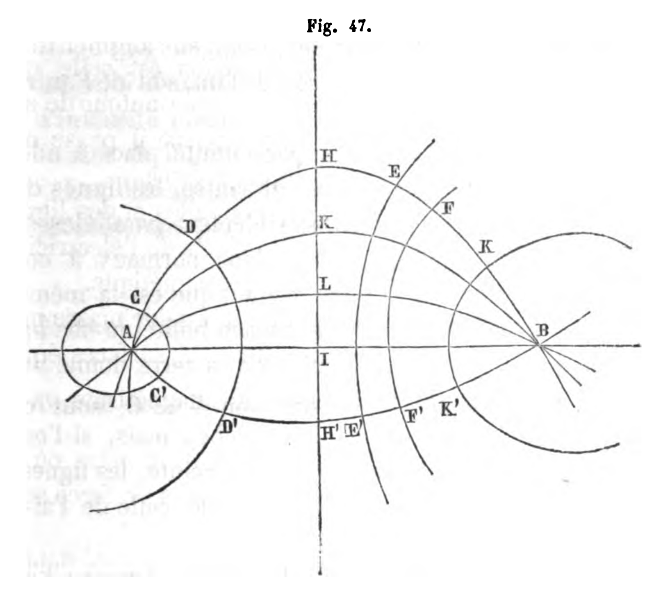
$$\frac{1}{r} - \frac{1}{r'} = C'.$$

Ce sont des surfaces représentées par les courbes CC′, DD′, EE′, etc., qui entourent chacun des deux pôles, celle qui passe par le milieu de la ligne AB étant un plan perpendiculaire, HH′, à cette ligne.

Les lignes de force sont des courbes AHB, AKB,

ALB, etc., qui passent par les deux points A et B et sont normales aux surfaces de niveau ; la ligne droite AB est une de ces courbes (*).

Fig. 47.



Quant à la grandeur de la force qui agirait sur l'unité de masse magnétique supposée placée en un point quelconque, E, elle a pour valeur

$$\frac{U - U'}{EF},$$

U et U' étant les potentiels de deux surfaces de niveau

(*) L'équation de ces courbes est, en prenant pour axe des x la ligne AB, et pour axe des y la perpendiculaire élevée au milieu de cette ligne,

$$\frac{x-a}{\sqrt{(x-a)^2+y^2}} + \frac{x+a}{\sqrt{(x+a)^2+y^2}} = K,$$

K étant une constante.

très-voisines, et EF la longueur de la normale comprise entre les deux surfaces.

Il est facile de voir que pour chacune des lignes de force telle que AHB, c'est au sommet, H, que la force magnétique a sa plus petite valeur, et qu'elle augmente à mesure que l'on se rapproche, soit de l'un, soit de l'autre des pôles contraires A et B.

Enfin, si l'on considère un espace limité placé à une très-grande distance des masses agissantes, les lignes de force sont des lignes droites sensiblement parallèles et les surfaces équipotentielles des plans normaux à ces lignes; la grandeur de la force magnétique est la même aux divers points. On a pour cet espace limité un champ magnétique uniforme dont l'action de la terre donne un exemple. La direction et l'intensité du magnétisme varient en effet aux divers points du globe, mais, si l'on considère un espace d'une étendue restreinte, les lignes de force dont la direction est donnée par celle de l'aiguille aimantée sont parallèles.

168. *Moment magnétique.* — Lorsqu'un barreau ou une aiguille sont régulièrement aimantés, ils possèdent deux pôles égaux de noms contraires qui sont situés à une petite distance des deux extrémités.

Un champ magnétique uniforme produit sur les deux pôles deux forces égales et de directions contraires qui donnent lieu à un couple, et par conséquent la ligne des pôles, ou l'axe de l'aimant, tend à prendre une direction parallèle aux lignes de force du champ.

Si l'aimant est placé normalement à ces lignes de force, le couple qui tend à le faire tourner pour l'amener dans leur direction est $2\lambda P$, 2λ étant la distance des pôles et P la force qui agit sur chacun d'eux; la force P est égale au produit de l'intensité des pôles, μ, de l'aimant

par celle du champ magnétique, h, dans laquelle il se trouve. Le moment de rotation est donc $2\lambda\mu h$.

Le produit $2\lambda\mu$ de l'intensité de chacun des pôles, μ, par leur distance, 2λ, est le moment absolu de l'aimant ou de l'aiguille aimantée. L'unité de moment magnétique est celui d'un aimant dont les deux pôles auraient l'unité d'intensité magnétique et qui seraient distants l'un de l'autre de l'unité de longueur.

Les dimensions du moment magnétique, que nous représenterons par O, sont donc

$$O = NL,$$

N étant l'unité de pôle magnétique définie plus haut et L l'unité de longueur, ou en remplaçant N par $\frac{L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}}}{T}$,

$$O = \frac{L^{\frac{5}{2}} M^{\frac{1}{2}}}{T}.$$

Action magnétique de la terre.

169. *Déclinaison et inclinaison.* — L'exploration d'un champ magnétique comprend la détermination, en chacun des points du champ, de la direction des lignes de force et celle de son intensité, c'est-à-dire de la grandeur de la force qui agit sur l'unité de pôle magnétique.

Pour le magnétisme terrestre, la direction de la force magnétique se déduit de celles de ses deux composantes, horizontale et verticale, aux divers points du globe, c'est-à-dire de la déclinaison et de l'inclinaison qui sont données par des instruments spéciaux nommés boussoles.

La boussole de déclinaison fait connaître l'angle de la direction de la force magnétique avec le plan du méridien terrestre, et la boussole d'inclinaison son angle avec le plan horizontal.

La première comprend un cercle horizontal gradué, appelé cercle azimutal, au centre duquel une aiguille aimantée est mobile sur un pivot. Une lunette fixée sur l'appareil permet de viser un astre connu et de faire tourner le cercle azimutal, de façon que le zéro se trouve dans le plan méridien. La déclinaison est donnée par la déviation de l'aiguille, qui est maintenue horizontale par un excès de poids donné dans nos contrées à la moitié qui correspond au pôle sud ou boréal.

Pour la boussole d'inclinaison, l'aiguille aimantée se meut devant un cercle vertical gradué; elle est mobile autour d'un axe horizontal qu'on tourne de façon à amener le plan vertical de l'aiguille dans le plan du méridien magnétique. L'angle formé par l'aiguille avec la ligne horizontale qui passe par son centre donne l'inclinaison magnétique.

Ces instruments sont trop connus pour qu'il soit nécessaire de les décrire ici plus complétement.

170. Les points de la terre pour lesquels l'inclinaison est égale forment des lignes dites isocliniques, qu'on nomme aussi parallèles magnétiques. Ces lignes diffèrent assez notablement des parallèles terrestres. Le parallèle magnétique pour lequel l'inclinaison est nulle se nomme équateur magnétique. L'inclinaison augmente à mesure qu'on s'en éloigne; les points où elle est égale à 90° sont les pôles magnétiques de la terre.

Suivant M. Duperrey, la terre aurait deux pôles magnétiques de nom contraire dont les positions seraient à peu près :

Pour l'un : 79° 11′ N 78° 20′ O,
Pour l'autre : 79° 12′ S et 101° 40′ E.

Les courbes pour lesquelles la déclinaison est la même, dites courbes isogoniques, constituent les méridiens magnétiques. Leur étude a conduit M. Hansteen à admettre qu'il existe quatre pôles magnétiques au lieu de deux; sur ces quatre pôles, deux seraient situés aux environs du pôle nord de la terre et deux aux environs du pôle sud (*).

L'inclinaison et la déclinaison sont soumises à des variations de diverses natures.

Les unes sont journalières et produisent des oscillations qui, pour la déclinaison, varient de 5 à 25 minutes; d'autres, d'environ 15 à 18 minutes, sont annuelles ; d'autres enfin, plus importantes, sont séculaires. La déclinaison moyenne, qui était à Paris de 11° 30′ Est en 1580, a diminué peu à peu, a été nulle en 1663, puis a passé à l'Ouest; elle a atteint un maximum de 22° 34′ en 1814 et décroît depuis cette époque; elle était de 20° 17′ en 1853 et de 18° 44′ en 1863.

L'inclinaison, qui en 1661 était de 75°, a constamment diminué depuis lors; elle était, en 1870, de 65° 35′.

Ces variations ne permettent pas d'attribuer le magnétisme terrestre à la présence de masses magnétiques fixes. L'hypothèse due à Ampère de courants électriques qui parcourent la surface de notre globe de l'Est à l'Ouest et agissent sur l'aiguille aimantée semble seule admissible. L'enveloppe terrestre n'étant pas homogène, ces courants trouvent des parties plus ou moins conductrices qui modifient leur marche, ce qui explique la forme irrégulière des parallèles et des méridiens magnétiques.

(*) *Traité d'électricité* de M. de la Rive.

L'origine de ces courants nous est inconnue; ils tiennent sans doute à des causes diverses telles que le mouvement de la terre et son frottement contre l'espace éthéré, une action inductrice du soleil, de la lune, et en général des corps planétaires qui se comportent comme des aimants, l'influence magnétique de l'oxygène de l'atmosphère, qui varie avec la température, etc. Quant aux variations annuelles et diurnes, elles paraissent liées aux variations de la température à la surface de la terre, soit que ces variations aient une action directe, soit qu'elles affectent seulement la conductibilité de la couche superficielle de notre globe.

Enfin les courants aériens, qui entraînent de l'équateur aux pôles la vapeur d'eau qui se forme dans les régions tropicales, ont également une influence sur la direction de l'aiguille aimantée. Ces vapeurs sont chargées d'électricité positive qui dans nos climats produit des orages, mais la plus grande partie de ces vapeurs se transporte aux environs des pôles où elles se condensent; il en résulte un courant électrique à peu près continu, allant de l'équateur au pôle dans les régions supérieures de l'atmosphère et du pôle à l'équateur à l'intérieur de la terre. Ce courant, qui n'enveloppe pas notre globe d'une façon absolument régulière, exerce une action magnétique continue à la surface de la terre.

Il arrive souvent que, par suite de circonstances particulières, l'intensité de ce courant change subitement, ce qui donne lieu au phénomène connu sous le nom d'aurores boréales ou d'orages magnétiques, et l'on comprend que l'aiguille aimantée en soit affectée; les variations accidentelles qu'elle éprouve sous cette influence atteignent parfois 60 à 70 minutes.

Les courants qu'on observe sur les lignes télégra-

phiques pendant les aurores boréales sont probablement dus à une induction qui se manifeste sur les fils conducteurs lorsque l'intensité du grand courant électrique de l'équateur au pôle se modifie.

171. *Intensité du magnétisme terrestre.* — L'action exercée par le magnétisme terrestre sur les deux pôles d'un aimant dont le moment magnétique est $2\lambda\mu$ produit, si h est l'intensité du champ magnétique de la terre, un couple égal à $2\lambda\mu h$, lorsque l'axe de l'aiguille est normal aux lignes de force et égal à $2\lambda\mu h \sin i$ lorsqu'il forme un angle i avec ces lignes.

Si l'aimant est une aiguille de déclinaison, maintenue horizontale par un contre-poids, le couple qui agit sur elle, lorsqu'elle est normale à sa position d'équilibre, est $2\lambda\mu h \cos\theta$, θ étant l'angle d'inclinaison du lieu d'observation, ou $2\lambda\mu h_1$, si l'on pose $h_1 = h\cos\theta$; h_1 est la composante horizontale du magnétisme terrestre.

Le produit $2\lambda\mu h$ du moment magnétique de l'aiguille, $2\lambda\mu$, par la force magnétique de la terre, h, ou le produit $2\lambda\mu h_1$, peuvent se déterminer expérimentalement, soit par la méthode de torsion, soit, mieux encore, par celle des oscillations.

Une aiguille aimantée, déviée de sa position d'équilibre, décrit une série d'oscillations qui sont isochrones lorsqu'elles ont une faible amplitude et auxquelles la formule du pendule est applicable.

On sait que la théorie du pendule composé conduit à la formule

$$t = \pi\sqrt{\frac{\Sigma mr^2}{Pl}},$$

dans laquelle t est la durée d'une oscillation simple, P le poids du pendule, l la distance de son centre de gravité à

l'axe de suspnsion, et Σmr^2 (*) son moment d'inertie par rapport à cet axe.

Si l'on applique cette formule aux oscillations d'une aiguille aimantée mobile autour de son centre, il suffit de remplacer le poids P par la force qui agit sur l'aiguille, égale au produit du magnétisme μ de l'un des pôles par l'intensité h du champ, ce qui conduit à

$$t = \pi \sqrt{\frac{\Sigma mr^2}{2\lambda\mu h}},$$

Σmr^2 étant le moment d'inertie pris par rapport à l'axe de rotation de l'aiguille entière, dont la distance des deux pôles magnétiques est 2λ.

De cette équation on tire

$$h = \frac{\pi^2 \Sigma mr^2}{2\lambda\mu} \times \frac{1}{t^2}.$$

On peut se servir directement de cette formule pour comparer la force magnétique de la terre aux divers points du globe, en faisant usage d'une boussole d'inclinaison; mais l'aiguille de cette boussole étant soumise à des frottements relativement considérables par suite de son mode de suspension, il est préférable d'employer l'aiguille de déclinaison, qui peut être supportée par un léger fil sans torsion n'opposant au mouvement qu'une résistance insignifiante.

Si l'aiguille est disposée de façon à rester horizontale, et si Σmr^2 représente la valeur de son moment d'inertie, en tenant compte du contre-poids qu'il a fallu ajouter,

(*) m est la masse d'un élément de volume et r sa distance à l'axe de suspension. La somme Σmr^2 doit être prise pour la masse entière du pendule.

on a, pour la composante horizontale h_1 du magnétisme terrestre,

$$h_1 = h\cos\theta = \frac{\pi^2\Sigma mr^2}{2\lambda\mu} \times \frac{1}{t^2},$$

θ étant l'angle d'inclinaison magnétique du lieu d'observation et t la durée d'une oscillation simple horizontale.

On en tire

$$h = \frac{1}{\cos\theta} \times \frac{\pi^2\Sigma mr^2}{2\lambda\mu} \times \frac{1}{t^2}.$$

Si l'on fait osciller l'aiguille dans un autre lieu pour lequel l'inclinaison magnétique soit θ', on a

$$h' = \frac{1}{\cos\theta'} = \frac{\pi^2\Sigma mr^2}{2\lambda\mu} \times \frac{1}{t'^2}.$$

Ces deux équations donnent

$$\frac{h}{h'} = \frac{t'^2\cos\theta'}{t^2\cos\theta},$$

ou, si l'on nomme n et n' le nombre d'oscillations exécutées par l'aiguille dans un même intervalle de temps T,

$$\frac{h}{h'} = \frac{n^2\cos\theta'}{n'^2\cos\theta}.$$

Cette formule n'est rigoureusement exacte que si le moment d'inertie Σmr^2 est identiquement le même dans les deux expériences; on peut admettre qu'il en est ainsi, en général, à cause de la petitesse du contre-poids nécessaire pour maintenir l'aiguille horizontale.

Les résultats obtenus dans une série assez longue d'expériences ne sont directement comparables que si le magnétisme de l'aiguille reste constant, ce qui n'a pas lieu ordinairement, car il diminue lorsque la température s'élève. Pour faire la correction, on fait au préalable osciller l'aiguille dans une pièce dont on fait varier la

température, et l'on note la durée des oscillations de façon à pouvoir comparer entre eux les résultats obtenus dans des circonstances identiques. A la fin des expériences, on rapporte l'aiguille au point de départ et on la fait osciller pour s'assurer que son magnétisme ne s'est pas modifié. Une formule d'interpolation permet de rectifier les résultats obtenus si l'altération du magnétisme de l'aiguille est peu considérable.

Pour qu'on puisse avoir un nombre suffisant d'oscillations, le premier écart de l'aiguille doit être d'environ 20°, et, dans ces conditions, la formule ordinaire du pendule doit être corrigée en tenant compte de l'amplitude des oscillations et de la manière dont cette amplitude diminue.

Pour les expériences à faire dans un même lieu, on se sert d'instruments plus délicats et plus précis imaginés par Gauss, et qu'on nomme magnétomètres unifilaires ou bifilaires, suivant que l'aimant est suspendu par un ou par deux fils. La déviation est donnée par le déplacement de l'image d'un point lumineux réfléchi par un petit miroir que supporte l'aimant, ce qui permet l'enregistrement automatique des résultats par la photographie (*).

172. La force magnétique de la terre augmente à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur magnétique et que l'on se rapproche des pôles. En représentant par 1 la force magnétique à l'équateur, elle est 1,2 à 45° de latitude, 1,4 à 73°, 1,6 à 81°, 1,7 à 86°. Ces nombres ne sont que des moyennes, car les variations de l'intensité magnétique sont assez irrégulières, les lignes isodyna-

(*) Voir la description de ces appareils dans le *Traité d'électricité* de M. de la Rive.

miques ne concordant pas avec les courbes d'égale inclinaison. D'après M. Hansteen, le rapport qui existe entre la plus forte et la plus faible intensité magnétique atteindrait 2,5 (entre New-York et Sainte-Hélène).

L'intensité du magnétisme terrestre est d'ailleurs soumise, comme la déclinaison et l'inclinaison, à des variations régulières et à des variations accidentelles qui tiennent sans doute aux mêmes causes.

173. La durée des oscillations d'une aiguille aimantée de déclinaison permet de comparer l'intensité du champ magnétique aux divers points de la terre, mais elle ne fait pas connaître la valeur exacte de cette intensité.

L'équation

$$2\lambda\mu h \cos\theta = \frac{\pi^2 \Sigma mr^2}{t^2}$$

donne, lorsque Σmr^2 est connu et que t a été déterminé par l'expérience, le produit du moment magnétique de l'aiguille $2\lambda\mu$ par la composante horizontale $h\cos\theta = h_1$ du magnétisme terrestre. Pour déterminer les valeurs de $2\lambda\mu$ et de h_1, il faut une seconde expérience.

Poisson, le premier, a fait cette détermination, mais il n'est pas arrivé à des résultats suffisamment exacts. La méthode de Gauss, qui repose sur l'action de deux aimants, permet de résoudre le problème avec une grande précision.

On détermine, en premier lieu, comme nous venons de le voir, par la méthode des oscillations, le produit $2\lambda\mu \times h_1$ au moyen de la formule

$$2\lambda\mu \times h_1 = \frac{\pi^2 \Sigma mr^2}{t^2}.$$

Le moment d'inertie Σmr^2 peut se déduire du poids et

de la forme de l'aimant, qui est ordinairement un barreau rectangulaire supporté par un étrier; mais afin d'éliminer les causes d'erreur que pourrait entraîner le calcul direct de ce moment, Gauss élimine cette grandeur au moyen de deux expériences qui consistent à suspendre deux poids égaux de part et d'autre à égale distance du point de suspension du barreau et à déterminer la durée des oscillations, qui se trouve modifiée par cette addition.

Si q est la masse de chacun des deux poids égaux, a_1 leur distance au point du suspension, t_1 la durée des oscillations, et A une constante dépendant de la forme des deux masses, la première expérience donne

$$2\mu\lambda \times h_1 = \frac{\pi^2(\Sigma mr^2 + A + 2qa_1^2)}{t_1^2}.$$

Une seconde expérience donne, pour une distance a_2, une durée t_2 des oscillations, qui conduit à la seconde équation

$$2\mu\lambda \times h_1 = \frac{\pi^2(\Sigma mr^2 + A + 2qa_2^2)}{t_2^2}.$$

De ces deux équations on tire

$$2\mu\lambda \times h_1 = \frac{2\pi^2 q(a_2^2 - a_1^2)}{t_1^2 - t_2^2}.$$

Il y a une légère correction à introduire à cause de la torsion du fil qui tend à diminuer la durée des oscillations.

Dans une expérience faite en septembre 1832, à Gœttingue, Gauss a obtenu, en adoptant pour unités fondamentales la seconde, le millimètre et la masse de milligramme

$$2\mu\lambda \times h_1 = 179\,770\,600\ (*).$$

(*) Le poids de l'aiguille était de 96^{gr},2, celui du poids additionnel q,

174. La seconde expérience consiste à faire agir l'aimant dont on cherche le moment magnétique sur un petit aimant mobile dont on observe la déviation.

On place normalement au plan du méridien magnétique l'aimant NS (*fig.* 48), dont le moment magnétique,

Fig. 48.

$m = 2\lambda\mu$, entre dans la formule précédente, puis à une certaine distance $Oo = R$, on dispose un petit aimant *ns* mobile autour de son centre *o*, qui se trouve sur une perpendiculaire Oo élevée sur la ligne des pôles du premier, et passant par son centre O; l'aimant *ns* est soumis aux actions des pôles N et S qui tendent à le faire tourner.

Représentons par $2\lambda'$ et par μ' la longueur et le magnétisme libre de l'aimant mobile *ns*, on a pour l'action attractive de N sur *s*

$$\frac{\mu\mu'}{(Ns)^2};$$

103gr,257; les distances a_1 et a_2 de 80 et 180 millimètres. Enfin le temps d'oscillation t (sans poids additionnel) était 15'',247, $t_1 = 17'',686$ et $t_2 = 24'',657$.

et pour la composante de cette force suivante la ligne sA, normale à Oo,

$$\frac{\mu\mu'}{(Ns)^2}\cos NsA = \frac{\mu\mu'}{(Ns)^2}\times\frac{\lambda}{Ns} = \frac{\mu\mu'\lambda}{(Ns)^3} = \frac{\mu\mu'\lambda}{[(R-\lambda')^2+\lambda^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Le pôle S produit une action égale. Le moment dû à ces deux forces et qui tend à faire tourner l'aiguille ns autour de son centre, est donc

$$\frac{2\mu\mu'\lambda\lambda'}{[(R-\lambda')^2+\lambda^2]^{\frac{3}{2}}}.$$

L'action de l'aimant NS sur le pôle n de la petite aiguille est

$$\frac{2\mu\mu'\lambda\lambda'}{[(R+\lambda')^2+\lambda^2]^{\frac{3}{2}}},$$

et le couple résultant

$$2\mu\mu'\lambda\lambda\left\{[(R-\lambda')^2+\lambda^2]^{-\frac{3}{2}}+[(R+\lambda')^2+\lambda^2]^{-\frac{3}{2}}\right\},$$

ou, en mettant $\frac{1}{R^3}$ en facteur,

$$\frac{2\mu\mu'\lambda\lambda'}{R^3}\left\{\left[\left(1-\frac{\lambda'}{R}\right)^2+\left(\frac{\lambda}{R}\right)^2\right]^{-\frac{3}{2}}+\left[\left(1+\frac{\lambda'}{R}\right)^2+\left(\frac{\lambda}{R}\right)^2\right]^{-\frac{3}{2}}\right\}.$$

Si l'on développe cette expression et si l'on néglige les puissances de $\frac{1}{R}$ supérieures à la cinquième, on trouve pour le couple de rotation

$$\frac{4\mu\mu'\lambda\lambda'}{R^3}\left(1+\frac{A}{R^2}\right),$$

le terme A étant un coefficient qui dépend de la forme des aimants.

Quand on traite la question complétement, en n'admettant pas les deux aimants réduits à deux centres ma-

gnétiques, la forme seule du terme A est différente (*).

Si l'aiguille *ns* est mobile, elle dévie et prend une position d'équilibre sous l'action de ce couple et celle de la terre. Lorsque la déviation est très-faible et le barreau fixe NS suffisamment éloigné, on peut admettre que l'action de ce dernier est constante.

Le moment de rotation dû à l'action de la terre pour une déviation ω est

$$2h_1\mu'\lambda'\sin\omega.$$

Le moment dû à l'action de l'aimant NS est

$$\frac{4\mu\mu'\lambda\lambda'}{R^3}\left(1+\frac{A}{R^2}\right)\cos\omega;$$

dans la situation d'équilibre, ces moments doivent être égaux, ce qui conduit à l'expression

$$h_1\sin\omega = \frac{2\mu\lambda}{R^3}\left(1+\frac{A}{R^2}\right)\cos\omega$$

ou

$$\frac{2\lambda\mu}{h_1} = \frac{\tan\omega}{\frac{1}{R^3}+\frac{A}{R^5}}.$$

Il suffit de deux expériences faites avec des valeurs différentes R_1 et R_2 de R pour déterminer $\frac{2\lambda\mu}{h_1}$. On tire, en effet, des deux équations pour lesquelles l'angle de déviation serait ω_1 pour une valeur $R = R_1$ et ω_2 pour une une valeur $R = R_2$,

$$\frac{2\lambda\mu}{h_1} = \frac{R_1^5\tan\omega_1 - R_2^5\tan\omega_2}{R_1^2 - R_2^2}.$$

(*) Voir les articles publiés dans le *Journal de Physique* par M. Terquem (année 1872).

Les expériences de Gauss, faites en 1832 (*), ont donné pour le rapport $\frac{2\lambda\mu}{h_1}$

$$\frac{2\lambda\mu}{h_1} = 56606437,$$

alors que le produit $2\lambda\mu h_1$ était, comme nous l'avons dit plus haut,

$$2\lambda\mu h_1 = 179770600.$$

De ces deux expressions on déduit la valeur de la composante horizontale de magnétisme terrestre :

$$h_1 = \sqrt{\frac{179770600}{56606437}}$$

ou

$$h_1 = 1,782088$$

Ainsi qu'il a été dit, l'intensité du magnétisme terrestre est soumise à des variations faibles, mais à peu près continues : quelques jours après, Gauss trouva à Gœttingue 1,7860, puis 1,7965.

Dans une expérience faite en avril 1870, par la même méthode, MM. Cornu et Baille ont trouvé pour l'intensité horizontale de magnétisme terrestre, à Paris, en adoptant les mêmes unités, c'est-à-dire la masse du milligramme et le millimètre, ou, ce qui revient au même ainsi qu'on l'a vu (n° 164), le gramme et le mètre, le nombre 1,920.

En multipliant la composante horizontale du magnétisme terrestre par le cosinus de l'inclinaison magnétique, on a la valeur absolue du magnétisme du globe au point où l'expérience a été faite. Ainsi en 1870 l'inclinaison magnétique était, à Paris, de 65°,35, ce qui conduit

(*) Les distances R_1 et R_2 étaient de 1.200 et 1.600 millimètres, et les angles de déviation ω ne dépassent pas 3 degrés.

au chiffre 4,645 pour la valeur absolue du magnétisme terrestre.

La grandeur du moment magnétique de l'aiguille $2\lambda\mu$ se déduit des valeurs de $\frac{2\lambda\mu}{h_1}$ et $2\lambda\mu h_1$ trouvées par l'expérience. En représentant par α et β ces deux valeurs, on a

$$2\lambda\mu = \sqrt{\alpha\beta}.$$

175. — Le centre de l'aimant mobile, au lieu d'être placé en o sur la normale Oo élevée au centre de l'aimant fixe, peut être placé sur son prolongement, en o' (*fig.* 48).

En analysant, comme nous l'avons fait plus haut, les actions des pôles N et S sur les deux pôles n' et s', on trouve facilement que le moment de rotation de l'aimant $n's'$ autour de son centre o' est, en négligeant encore les puissances de R supérieures à la cinquième,

$$\frac{8\mu\mu'\lambda\lambda'}{R^3}\left(1 + \frac{A'}{R^2}\right).$$

Ce moment est à peu près double de celui auquel est soumis l'aimant dans la première position, ns, pour une même valeur de R.

En opérant comme il a été dit plus haut, c'est-à-dire en observant les déviations du petit aimant $n's'$, on a une seconde manière de trouver l'intensité du magnétisme terrestre, qui doit conduire naturellement au même résultat que la première, et a l'avantage de donner des angles de déviation plus grands et par suite de diminuer les chances d'erreurs d'observation.

E. E. Blavier.



ÉLECTRO-DIAPASON :

SON EMPLOI

COMME DISTRIBUTEUR DE COURANTS ÉLECTRIQUES

J'ai donné dans les *Annales* (t. I, p. 51, et t. III, p. 105) la description de l'instrument que j'appelle ainsi : j'ai indiqué quelques propriétés du mouvement vibratoire qu'il prend sous l'influence d'un électro-aimant parcouru par des courants intermittents dont les interruptions sont produites par l'instrument lui-même. J'ai montré notamment comment on pouvait l'utiliser pour la chronographie ordinaire.

Voici maintenant une autre de ces applications qui, faisant de ce diapason un *distributeur* de courants d'une régularité parfaite, permet de l'employer à des usages divers relatifs à la télégraphie pratique.

Je me propose, aujourd'hui, d'indiquer le plus simple de ces usages (me réservant d'en exposer plus tard un autre plus important ; ce qui va suivre n'est, à proprement parler, qu'une partie d'un système beaucoup plus complet).

Cet usage consiste à composer aisément, avec son aide, un système de télégraphie double dans le même sens, système qui n'a pas évidemment l'avantage des systèmes doubles inverses, dits *duplex*, mais qui peut avoir son utilité dans beaucoup de cas, ne serait-ce que pour desservir une ligne momentanément encombrée.

Le système en question repose sur les deux faits suivants :

1° *Un système de courants intermittents assez rapides peut produire sur un récepteur convenablement réglé l'effet d'un courant continu.*

Ce fait est bien connu : tout le monde sait qu'en faisant passer dans l'électro-aimant d'un récepteur Morse ou d'un parleur, à armature aimantée ou non, des courants intermittents rapides, l'appareil peut être réglé de manière que l'armature produise son effet ordinaire, comme si elle était sollicitée par un courant continu. On peut également opérer le réglage de manière que les armatures, sous l'influence des courants intermittents, restent en équilibre entre les buttoirs qui limitent ordinairement leur course, et ne retombent sur leur buttoir de repos que lorsque l'émission des courants cesse; elles exécutent ainsi une série d'oscillations en rapport avec les intermittences du courant, mais dont la durée et l'amplitude sont trop petites pour que le contact avec les buttoirs puisse s'établir.

2° *Les deux branches d'un diapason vibrant marchent simultanément vers leur position d'équilibre ou de repos, et s'en éloignent simultanément.*

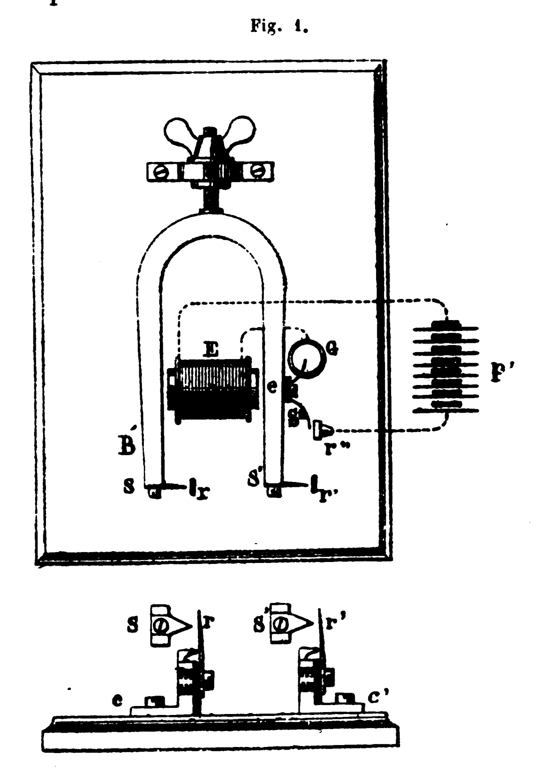
Considérons un électro-diapason dont la *fig.* 1 représente une projection horizontale et une partie de la projection verticale.

G est un godet contenant du mercure dans lequel plonge *continuellement* l'extrémité d'un style isolé en acier, dont l'autre extrémité S″ ferme, quand elle touche le buttoir r'', le circuit d'une pile locale p', et produit ainsi l'entretien du mouvement du diapason.

S et S′ sont deux styles rigides en argent fixés aux deux branches B, B′ du diapason; à l'état de repos, ils se trouvent à une petite distance de deux ressorts en acier platinés, r, r' fixés à des équerres métalliques, C,

C′ et reposant sur deux buttoirs voisins de leurs extrémités supérieures.

Fig. 1.



Quand le diapason est en mouvement continu, les styles S et S′ viennent *alternativement* presser les rés-sorts correspondants pendant une demi-période du mouvement ; de sorte que si le diapason effectue par exemple 25 vibrations doubles ou périodes par seconde, chaque style touche son ressort vingt-cinq fois par seconde, la durée de chaque contact étant d'un peu moins de $\frac{1}{50}$ de seconde. Pendant ce temps, l'une des pièces C ou C′ est mise en communication métallique avec le diapason.

A l'aide de ce mécanisme très-simple, on voit que si les pièces C et C' sont reliées, soit aux pôles d'une même pile dont le milieu est à la terre, soit aux pôles de deux piles différentes, et si la tige du diapason est reliée à un circuit quelconque, cet instrument *distribuera* les courants intermittents dans le circuit sans confusion possible, si ce circuit est tel qu'on n'ait pas à se préoccuper des effets de charge et de décharge.

Cela posé, il est facile de construire un système de télégraphie double dans le même sens. Il y a plusieurs solutions, mais ayant surtout en vue un système dans lequel on pourrait utiliser immédiatement les appareils d'un emploi usuel dans la télégraphie ordinaire, j'indiquerai seulement, aujourd'hui, l'application du diapason à un système déjà proposé par M. Sieur.

La *fig.* 2 représente l'une des dispositions que l'on peut adopter.

R, R' sont deux récepteurs Morse ordinaires;

P, P', sont deux rappels par inversion de courants ordinaires disposés de façon à marcher l'un avec un courant positif, l'autre avec un courant négatif. Les récepteurs fonctionnent, par leur intermédiaire, à l'aide d'une pile locale;

M, M' sont deux manipulateurs Morse ordinaires;

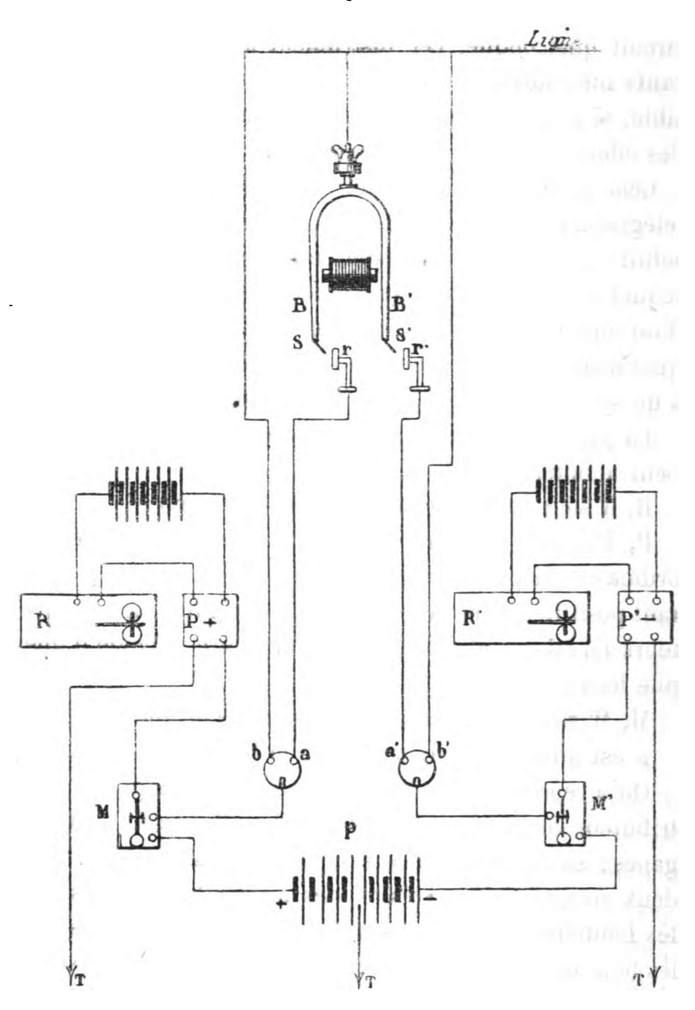
p est une pile de ligne dont le milieu est à la terre.

On a représenté au haut de la figure le diapason distributeur de la *fig.* 1, en simplifiant le dessin des organes; sa tige est reliée à la ligne télégraphique. Les deux commutateurs voisins des manipulateurs mis sur les boutons *a* et *a'* servent à la transmission; mis sur les boutons *b* et *b'*, ils servent à la réception, le diapason étant alors hors du circuit.

Les communications étant établies aux deux postes

correspondants, comme l'indique la *fig.* 2, qui ne représente que l'un des deux postes, supposons que l'un d'eux

Fig. 2.



transmette avec les deux manipulateurs à la fois, ce qui

est le cas le plus compliqué, les courants intermittents positifs et négatifs sont distribués sur la ligne sans confusion par le diapason. A l'arrivée, l'un des parleurs fonctionne sous l'action des courants positifs seulement et fait marcher son récepteur ; l'autre ne fonctionne que sous l'action des courants négatifs, ainsi que son récepteur. Les deux transmissions sont donc séparées ; elles sont formées de points et de traits comme d'habitude, mais chacun des signaux est lui-même formé de plusieurs points si rapprochés qu'ils se confondent.

Ainsi disposé, le système, très-simple en théorie, fonctionne assez mal en pratique. Cela tient à plusieurs causes, dont la principale est que le parleur à inversion de courant ordinaire, malgré son ressort de réglage, donne de mauvais contacts sous l'action de courants intermittents rapides.

Mieux vaut, ainsi que l'a proposé M. Sieur dans la description de son système double (*) (voir *Annales*, même tome, page 12), changer les communications, de façon que les armatures des parleurs soient continuellement en vibration à égale distance de leurs buttoirs et ne fassent marcher leur récepteur que lorsque, le courant de la ligne cessant, elles retombent sur leur contact. Il suffit, pour cela, que les manipulateurs, au lieu de fermer le circuit de la pile comme d'habitude, le rompent quand on les abaisse. Il n'y a, pour obtenir ce résultat, qu'à relier la pile au bouton qui ordinairement communique avec le récepteur.

(*) Je dois répéter ici ce que j'ai dit dans une lettre insérée dans la chronique des *Annales télégraphiques* (même tome, page 220). Le système que je viens de décrire a été déjà proposé par M. Sieur, et décrit dans le numéro des *Annales* dont je viens de parler. Il n'y a de nouveau ici que l'emploi d'un diapason distributeur; mais je crois que cet emploi améliore beaucoup le système.

Dans ces conditions, le système fonctionne bien sur une ligne ordinaire.

Sur des lignes longues il sera facile d'établir des condensateurs facilitant la décharge. J'aurai sans doute l'occasion de revenir plus tard sur ce point.

Dans le prochain numéro des *Annales*, j'indiquerai l'application du même instrument à un système double et même multiple en sens inverse.

E. MERCADIER.

LE PHONOGRAPHE

Le téléphone et le phonographe sont deux instruments qui diffèrent complétement comme principe et comme but.

Le téléphone est un appareil essentiellement télégraphique qui sert à transmettre et à reproduire au loin, à l'aide de l'électricité, les sons articulés ou autres.

Le phonographe est un instrument purement mécanique (l'électricité ne jouant aucun rôle dans son fonctionnement), qui sert, en premier lieu, à graver sur une surface métallique un enregistrement phonétique, c'est-à-dire une représentation des sons qui lui sont communiqués, et, en second lieu, à utiliser cette représentation pour reproduire les sons par des moyens également mécaniques. Ces deux instruments sont remarquables par l'extrême simplicité de leurs organes et de leur fonctionnement.

On sait que tous les sons, soit les notes de musique, soit le langage articulé, soit les bruits irréguliers, sont produits par le mouvement des particules de l'air constituant les vibrations sonores, et que ces ondes sonores sont propagées par le mouvement du corps résonnant, lequel communique ses propres vibrations à l'air; celui-ci les transmet au tympan de l'oreille, dont les vibrations, agissant sur les nerfs auditifs, communiquent au cerveau la sensation de l'ouïe.

Si les ondes auxquelles deux sons donnent naissance

sont identiques en dimensions et en forme, quelle que soit la façon dont ils aient été produits à l'origine, l'oreille ne percevra aucune différence entre eux; mais les organes de l'ouïe sont si délicats que l'oreille saisira de suite la plus petite différence, soit dans les dimensions, soit dans la forme des ondes, et l'on entendra un son différent.

Les dimensions des ondes sonores sont au nombre de deux : 1° la *longueur*, ou, ce qui est le même chose, le nombre de vibrations propagées pendant l'unité de temps; 2° l'*amplitude* ou la profondeur de l'onde mesurée du sommet à la base ou de la crête au creux. La *forme* ou le contour de l'onde est le chemin qu'elle décrit dans son mouvement progressif à travers les particules de l'air au milieu desquelles elle se propage; elle peut varier à l'infini.

La *longueur* de l'onde constitue ce qu'on appelle la *hauteur* du son; l'*amplitude* de la vibration en détermine l'*intensité;* et de la *forme* de l'ondulation résulte la *qualité* du son, qui permet à l'oreille d'apprécier les variations compliquées des articulations et des modulations, ainsi que les différences des voix.

Si les sons sont émis a proximité d'une membrane tendue, celle-ci vibrera aussitôt et la rapidité et l'amplitude de ses vibrations correspondront à celles des ondes sonores de la voix. Mais elle éprouvera en même temps une autre série de mouvements que l'on peut imaginer sans pouvoir les décrire, et qui dépendront de la forme des variations du contour de ces ondes. Si maintenant une seconde membrane peut être amenée à un état de vibration identique par les mouvements de la première, il se propagera dans l'air environnant une série de vibrations correspondantes à celles qui ont mis en mouve-

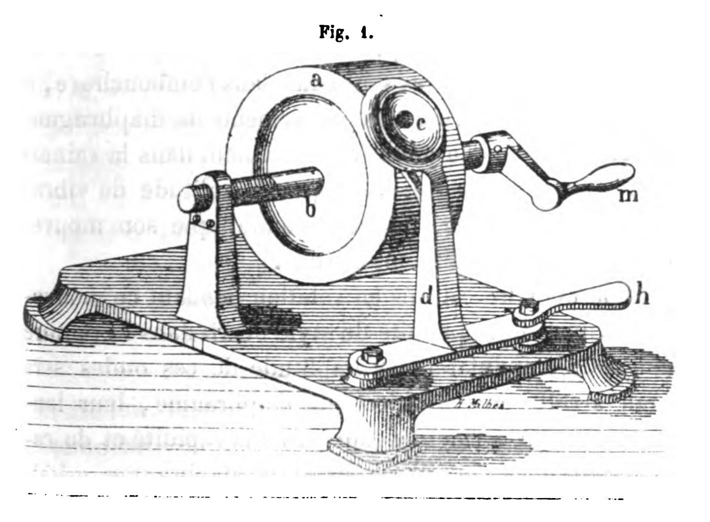
ment la première membrane, et l'on obtiendra un fac-simile de la voix.

Dans le téléphone à ficelle, le mouvement est communiqué d'une membrane à l'autre par la ficelle tendue entre les deux.

Dans le téléphone de Bell, ce mouvement est transmis par un courant électrique ondulatoire qui actionne un électro-aimant; et dans le phonographe de M. Edison, ce mouvement grave sur une feuille de papier métallique une empreinte que l'on peut enlever, mettre de côté, et qui, par des moyens mécaniques, peut servir à communiquer à une seconde membrane des mouvements exactement semblables à ceux qui ont produit cette empreinte.

Le *phonographe* (*fig.* 1) se compose d'un cylindre de

Fig. 1.



laiton *a*, monté sur un axe horizontal *b* muni d'une manivelle *m*. Une des extrémités de cet axe horizontal est taraudée et tourne dans un support servant d'écrou fixe à cette vis; quand on tourne la manivelle *m*, le cylindre,

tout en tournant, est animé d'un mouvement latéral : chacun de ses points décrit donc une hélice.

La surface extérieure du cylindre présente une rainure héliçoïdale dont le pas est égal à celui de la vis taillée sur l'axe horizontal, de telle sorte qu'un style fixe, placé dans la rainure en un point quelconque de celle-ci, y restera pendant tout le mouvement du cylindre.

En regard du cylindre se trouve un diaphragme métallique mince, fixé dans un cadre circulaire *c* porté par un support mobile *d*, et réglé de telle sorte qu'un petit style d'acier, attaché au centre du diaphragme, vienne s'engager à une profondeur convenable au milieu de la largeur de la rainure héliçoïdale. Le diaphragme est muni d'une embouchure *c* à peu près semblable à celle du téléphone Bell.

Il résulte de cette disposition que si le diaphragme est mis en vibration par les sons émis dans l'embouchure, le style d'acier suivra tous les mouvements du diaphragme, et pénétrera plus ou moins profondément dans la rainure de l'hélice du cylindre, selon que l'amplitude de vibration du diaphragme, qui lui communique son mouvement, sera plus ou moins grande.

Si le cylindre est mis en rotation pendant ce mouvement vibratoire, la pointe du style décrit dans la rainure une spirale ondulatoire ; l'amplitude de ces ondes sera égale à celle des vibrations du diaphragme, leur longueur et leur forme dépendront de la rapidité et du caractère propre des ondulations du diaphragme métallique, en même temps que de la vitesse de rotation du cylindre.

Pour enregistrer ce mouvement ondulatoire d'une façon permanente, on enveloppe le cylindre d'une feuille d'étain ordinaire (ou de plomb, ou même de cuivre).

et comme le diaphragme est ajusté de façon que son centre se trouve en regard du milieu de la largeur de la rainure que recouvre la feuille d'étain, il en résulte que le style, en vibrant avec le diaphragme, gaufrera l'étain qui, en face du style, n'est pas appuyé, puisque c'est la rainure qui se trouve sous lui. En tournant le cylindre, on obtiendra donc une suite de gaufrages, qui constituent l'enregistrement des sons qui les ont produits. Ces marques offrent à l'œil l'aspect d'une série de points plus ou moins profonds.

La *fig.* 2 montre la disposition de la membrane ou diaphragme de fer *ee* et du style *g*. Le style *g* est fixé à l'extrémité d'un morceau de ressort de montre *f*, lequel presse contre un petit morceau de tube de caoutchouc *o*, fixé au centre de la membrane. Ce tube de caoutchouc agit comme un coussin, et est essentiel au bon fonctionnement de l'appareil : on n'obtient pas de bons résultats en fixant directement le style au diaphragme.

Fig. 2.

Envisagé comme enregistreur des sons, le phonographe n'est pas supérieur, sous ce rapport, à quelques-uns des enregistreurs qui l'ont précédé, entre autres le logographe de M. Barlow, le phonotaugraphe de M. Léon Scott ou les instruments de M. Marey et ceux de feu sir Ch. Wheatstone ; mais ce qu'il y a de merveilleux dans le phonographe de M. Edison, c'est la possibilité de convertir cet enregistrement en vibrations sonores et de reproduire les sons articulés où autres avec la voix même de la personne qui les a prononcés dans l'embouchure.

Dans son premier appareil, M. Edison, pour arriver à ce résultat, employait une seconde membrane qui occu-

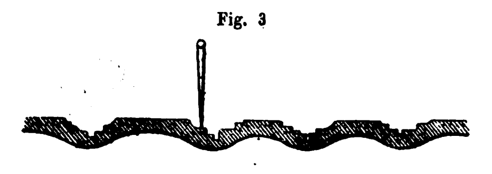
pait de l'autre côté du cylindre une position symétrique de la première. Cette seconde membrane était mise en vibration à l'aide d'un fil de soie qui l'attachait à un petit ressort d'acier portant à son extrémité une pointe mousse métallique. Cette pointe, par l'élasticité du ressort, appuyait contre la feuille d'étain recouvrant le cylindre, assez légèrement pour pouvoir vibrer tout en suivant les gaufrages de la feuille d'étain quand celle-ci passait au-dessous de la pointe.

Actuellement cette seconde membrane est supprimée. Le même diaphragme métallique sert à la fois, d'une part à recevoir et enregistrer sur la feuille d'étain les vibrations engendrées par la voix, et, d'autre part, à reproduire la voix, lorsqu'il est mis en vibration par le passage sous le style des gaufrages précédemment obtenus.

La manœuvre de l'appareil est alors la suivante : on parle dans l'embouchure *c* pendant que le cylindre tourne ; le style gaufre le papier. Puis on écarte la membrane et le style, ce qui s'obtient facilement à l'aide de la clef *h*, qui permet de faire tourner le support mobile *d* de l'appareil acoustique. On ramène alors le cylindre en arrière, et l'on rapproche la membrane de manière que tout soit dans la même position qu'au moment de l'inscription. Puis on tourne la manivelle, comme la première fois, et les sons sont reproduits. Un cornet de papier placé dans l'embouchure remplit l'office de porte-voix pour renvoyer les sons dans la salle.

La *fig.* 3 fait voir comment l'étain est gaufré par

Fig. 3



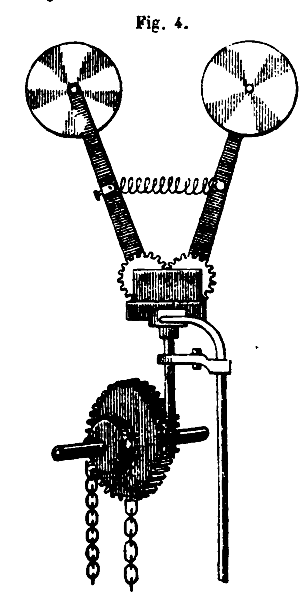
l'action des vibrations du diaphragme et comment le diaphragme est mis en vibration, exactement de la même manière, par le passage de la feuille d'étain sous le style. C'est une section agrandie de la feuille prise le long de la ligne des gaufrages et qui montre la position du style, obligé par le ressort à suivre toutes les cavités et toutes les dentelures précédemment gravées dans l'épaisseur de la feuille d'étain.

Si la feuille d'étain passe sous le style avec une vitesse égale à ce qu'elle avait en recevant les empreintes des vibrations, le style repassera sur les petites aspérités et les petits creux gravés sur l'étain; mais, en suivant ces contours, il sera forcé tantôt de s'éloigner, tantôt de se rapprocher du cylindre, et par suite le diaphragme qui est solidaire du style suivra ses mouvements et vibrera lui-même exactement de la même manière qu'il vibrait sous l'influence de la voix, et il émettra par suite un son semblable. Ce diagramme est très-exagéré et ne doit être considéré que comme une explication possible, mais nullement certaine, du fonctionnement de l'appareil. Il suppose que chaque gaufrage est formé de petites surfaces en relief, dont les détails sont à peine perceptibles même avec un microscope, et cependant il faut que les reliefs soient suffisamment prononcés pour communiquer au diaphragme, par l'intermédiaire du style, ces petites variations de vibration qui donnent aux ondes sonores de l'air leur forme propre et qui transmettent à l'oreille la qualité exacte du son. Il est presque impossible de concevoir tout d'abord que des stries microscopiques (car ce n'est pas autre chose), sur une substance comme l'étain, puissent communiquer par des moyens mécaniques à un diaphragme aussi rigide que celui qu'on emploie dans le phonographe, des mouvements aussi délicats, mais le

téléphone a démontré que les diaphragmes métalliques peuvent communiquer à l'air et que l'oreille humaine est capable de saisir des vibrations sonores dont l'amplitude est si petite que leur existence n'avait jamais été soupçonnée auparavant.

Il est clair que, pour obtenir une reproduction parfaite des sons originaux, la feuille d'étain doit passer sous le diaphragme avec une vitesse égale à la vitesse de rotation du cylindre lorsqu'elle recevait les empreintes. Afin d'obtenir une vitesse aussi uniforme que posible, M. Edison avait placé un volant assez lourd à l'extrémité de l'axe du cylindre opposée à la manivelle; mais quand on tourne l'appareil à la main, il est impossible, malgré cette addition, de s'assurer si la vitesse à la surface du cylindre a toujours la même valeur.

Fig. 4.



Depuis, M. Edison a ajouté un mécanisme d'horlogerie pour entraîner l'appareil, et il a si bien réussi que, dernièrement, douze employés ont pu écrire correctement des fragments d'articles de journaux sous la dictée même de l'instrument.

A une exhibition du phonographe, qui a eu lieu récemment à New-York, on a pu entendre très-distinctement l'articulation de l'appareil à 425 pieds de distance.

M. Stroh, le constructeur bien connu, a construit un phonographe dans lequel le mouvement du cylindre est

particulièrement soigné. Le cylindre tourne, avec une vitesse à la surface d'environ 1 pied par seconde, au moyen d'un mécanisme d'horlogerie actionné par la chute d'un poids attaché, selon le principe de Huyghens, à une chaîne sans fin qui passe sur une poulie fixée sur l'axe principal de l'appareil, de sorte que l'on peut remonter le poids pendant que le cylindre tourne, sans changer la vitesse. Le régulateur se compose de 2 disques circulaires de laiton montés aux extrémités supérieures de 2 leviers légers, dont les extrémités inférieures engrènent de telle sorte que les disques s'écartent symétriquement de chaque côté de l'axe de rotation du support vertical sur lequel ils pivotent. Quand la machine est mise en marche (ce qui se fait en supprimant la pression d'un petit frein garni de liége qui appuie contre la tête cylindrique du support des axes des disques), les disques s'écartent sous l'influence de la force centrifuge et la résistance de l'air au mouvement du système croît avec le diamètre de leur cercle de rotation, lorsque la vitesse devient trop grande.

Si la vitesse de rotation vient à diminuer, un ressort à boudin qui relie les leviers du régulateur les rapproche l'un de l'autre, et la résistance de l'air au mouvement diminue avec le diamètre du cercle parcouru par les disques.

Un amateur de Londres, M. Pigeon, a reproduit la forme primitive du phonographe avec deux membranes, l'une en papier, l'autre en métal. Ce système a un avantage, c'est que la membrane de papier peut reproduire des sons trop faibles pour pouvoir être transmis par la feuille d'étain à la membrane métallique que la voix met en vibration, et qui est bien plus rigide.

Les expériences faites avec l'appareil de M. Stroh ont montré combien il est avantageux de régler mécaniquement le mouvement de rotation du phonographe ; l'articulation gagne en netteté, et les chants sont reproduits avec une facilité remarquable.

(*Engineering.*)

. . . .

Il n'est pas besoin de dire que les sons rendus par l'instrument sont beaucoup moins intenses que ceux qu'on lui a fait d'abord enregistrer ; mais ils sont parfaitement distincts et ils ont pu être entendus par deux cents personnes à la fois, se pressant dans la salle de la Société française de physique. L'appareil qui a été montré à Paris ne rend pas exactement le timbre de la voix de la personne qui a parlé ; mais les voyelles et même les consonnes sont parfaitement reconnaissables.

On annonce que M. Edison a récemment perfectionné son appareil et que, dès à présent, il reproduit exactement le timbre de la voix humaine et rend les plus faibles chuchotements, et le bruit de la respiration, entendus par la membrane. Après ce qu'il nous a déjà fait entendre, il y aurait mauvaise grâce à ne pas le croire sur parole, et il faut lui faire crédit de quelques semaines pour qu'il s'acquitte envers nous de cette promesse.

Si l'on chante au lieu de parler, la reproduction des sons donne lieu aux observations suivantes : 1° Chaque son change de hauteur avec la vitesse de rotation du cylindre et n'est rendu exactement que si la vitesse est rigoureusement la même pendant l'inscription et pendant la reproduction. 2° L'accord formé par des sons successifs cesse d'être juste à la reproduction si la vitesse

n'est pas rigoureusement constante dans l'une et l'autre période.

Une feuille d'étain impressionnée par une phrase ou un chant peut faire entendre cette phrase non-seulement une fois, mais même plusieurs fois. Mais, dès la seconde reproduction, l'intensité du son rendu est fort diminuée et se réduirait bientôt à rien.

On comprend que le papier d'étain, dont la mollesse se prête à l'enregistrement, ne permette pas indéfiniment la reproduction ; pour corriger ce défaut, divers moyens se présentent à l'esprit, et malgré les difficultés d'exécution, nous ne doutons pas qu'on n'arrive à franchir ce pas.

Parmi les expériences auxquelles nous avons assisté, il faut noter la suivante :

On parle une première fois dans l'embouchure et l'on enregistre sur une portion du cylindre une phrase, en français par exemple, puis on revient au point de départ, et l'on enregistre sur la même portion du papier une seconde phrase, en anglais. On remarque d'abord que pendant l'enregistrement de la phrase anglaise, la française est reproduite par l'instrument, de sorte qu'on les entend toutes deux et que l'instrument a l'air de répondre dans une autre langue et au même instant à ce qu'on lui dit. On peut aller ainsi jusqu'à trois phrases inscrites sur le papier et l'une sur l'autre, et l'on peut les reproduire toutes les trois à la fois. A la vérité, la dernière inscrite est la plus distincte ; mais en fixant son attention avec beaucoup d'énergie, on peut s'abstraire de cette dernière et entendre clairement l'avant-dernière ou la première.

Le phonographe peut servir de transmetteur pour le téléphone. On peut mettre un téléphone transmetteur

devant la membrane du phonographe pendant la reproduction ; le téléphone sera impressionné par le phonographe et transmettra les sons qui l'auront frappé à un second téléphone à une distance quelconque. L'expérience a été faite ; mais on pourrait faire plus et mettre, devant la membrane du phonographe, un aimant de téléphone porteur de sa bobine et composer ainsi un téléphone dont la membrane serait celle du phonographe. On supprimerait ainsi un intermédiaire et l'effet serait plus satisfaisant ; mais nous n'avons pas encore eu le temps de faire cette expérience.

Sera-t-il possible de faire l'inverse, de parler à Paris dans un téléphone et de faire écrire dans un télénographe à Saint-Cloud les sons prononcés à Paris ? On n'ose plus prononcer le mot *impossible*, mais si l'on y réussit, ce sera, pour les gens compétents et sincères, un nouvel et immense étonnement, car les vibrations de la membrane du téléphone récepteur sont d'une amplitude extraordinairement petite.

(Niaudet, *Journal de physique*.)

. . . .

On n'espérera jamais lire les impressions et les tracés des phonographes, parce que ces tracés varieront, non-seulement comme le timbre de la voix, mais aussi avec la relation des temps d'origine des harmoniques de ces voix et avec les intensités relatives de ces harmoniques.

Des expériences récentes démontrent que, plus le diaphragme ressemble à la construction de la membrane du tympan de notre oreille, où le marteau amortit les sons, plus il devient capable d'enregistrer et de répéter les vibrations sonores, car le mouvement d'une membrane ainsi pourvue n'obéit qu'aux vibrations aériennes qui la frappent.

M. Edison vient de m'envoyer les notes suivantes sur les résultats de ses expériences récentes :

« La grandeur du trou par lequel on parle affecte beaucoup l'articulation; quand on parle contre le diaphragme entier, les sons sibilants (comme dans *shall*, *fleece*, *last*) se perdent, pendant qu'un petit trou à vive arête produit un renforcement de ces mots et permet leur enregistrement. Une fente munie de dents, au lieu d'un trou rond, renforce aussi les mots.

« On peut mieux entendre si l'on couvre l'embouchure de plusieurs couches de drap pour étouffer le petillement de la feuille.

« Je vous envoie une feuille en cuivre sur laquelle j'ai fait des impressions à Ansonia (Connecticut), qu'on a pu entendre de 275 pieds en plein air, et peut-être plus loin. »

M. Edison m'a aussi dit qu'il a fait des impressions de vibrations sonores sur un cylindre en fer ductile de Norwége, et qu'il a reproduit, à l'aide de ces impressions, les vibrations sonores qui en étaient la cause.

(MAYER, *Journal de physique*.)

AVERTISSEUR D'INCENDIE.

S'il est bon de répandre par les voies les plus rapides l'annonce des incendies, et de multiplier les moyens d'appel de secours, mieux vaudrait encore, ce semble, prendre des dispositions pour les étouffer dans leur germe et les empêcher de se propager.

Divers systèmes ont été imaginés dans ce but; mais la plupart ne donnent un signal que quand la température du lieu où ils sont installés a dépassé une certaine limite; or, il arrive fréquemment, surtout dans les dépôts de matières susceptibles de fermentation ou de décomposition, qu'il y a déjà, lorsque cette limite est atteinte, une combustion telle qu'il est difficile de l'arrêter avec les moyens d'action que l'on trouve immédiatement sous la main. — En pareille circonstance, le calorique dégagé au début de l'incendie n'élève que bien faiblement la température de la salle où il se produit, et lorsque le thermomètre a atteint le niveau maximum sur lequel l'avertisseur est réglé, la situation est déjà bien critique; on comprend donc l'utilité d'un appareil qui signalerait toute élévation subite de température de quelques degrés. C'est de ce problème que M. Leblan, industriel à Tourcoing, s'est préoccupé. Il en a, suivant nous, trouvé une solution satisfaisante.

L'appareil qu'il a imaginé est basé sur cette propriété que possèdent certaines matières telles que le feutre, les

lainages grossiers, etc., de se comporter comme les corps bons conducteurs du calorique, lorsque la chaleur varie, comme celle émise par le soleil ou les calorifères, par degrés insensibles, et de ralentir sa propagation, pour des changements brusques de température dus à des causes accidentelles et passagères comme ceux que produit en un lieu clos une combustion instantanée.

C'est, par le fait, un thermomètre métallique différentiel dont M. Leblan est l'inventeur. Pour le construire, il emploie le zinc, qui est un des métaux dont le coefficient de dilatation est le plus élevé. Voici sommairement en quoi il consiste :

Deux fortes lames de zinc, coupées dans la même feuille, et de dimensions absolument identiques (0m,60 de long sur 0m,05 de large), sont disposées parallèlement sur un socle en bois; elles sont encastrées dans un support par une de leurs extrémités et peuvent s'allonger librement par l'autre. L'une des lames est nue, et son extrémité libre porte un ressort en platine. En regard vient se placer une vis-butoir fixée, par l'intermédiaire d'un corps isolant, à la seconde barre qui est enveloppée, dans toute sa longueur, d'une gaîne de drap ou de feutre.

La vis communique avec l'un des pôles d'une pile, les deux lames avec l'autre pôle, et dans le circuit on intercale une sonnerie que l'on place en un point où aucune de ses indications ne puisse être perdue.

Le jeu de cet appareil est facile à saisir. Si la température du lieu où il est installé s'élève graduellement et d'une manière uniforme, le feutre n'oppose aucun obstacle au passage du calorique ; les deux lames également sensibles se dilatent de la même quantité dans le même temps; la vis et le ressort conservent leur écartement

primordial. Mais lorsqu'il y a accroissement subit de chaleur, et que l'avertisseur occupe une position telle qu'il puisse en ressentir rapidement les effets, la lame nue est influencée la première et s'allonge avant que la bande protégée par l'enveloppe peu conductrice soit impressionnée; le ressort qui y est fixé peut donc venir au contact de la vis-butoir et fermer le circuit de la pile.

Le coefficient de dilatation du zinc n'est que de $0^{m},00034$ au maximum. Pour 1 degré, l'allongement d'une barre de $0^{m},60$ se réduit donc à $0^{m},000204$; si l'on veut que l'appareil indique des changements de température de cet ordre, il faut donc que la distance qui sépare le butoir du ressort soit presque imperceptible, et le réglage en doit paraître assez délicat. Pour l'obtenir sans difficulté, l'inventeur a donné au butoir une très-large tête, dont le pourtour est divisé en 120 dents, et un pas de vis extrêmement petit. Le bruit d'un petit cliquet indique de combien de dents on fait mouvoir la vis et, par suite, de quelle quantité elle avance ou recule. On l'amène tout d'abord, par mouvements insensibles, au contact du ressort, puis on la desserre plus ou moins suivant la sensibilité que l'on veut donner à l'appareil. D'après les expériences de M. Leblan, avec la distance correspondante à 4 dents de la tête de la vis, il doit accuser une élévation subite de température d'un degré.

Nous avons eu à notre disposition un indicateur de ce genre, avec lequel nous avons effectué divers essais qui nous ont paru concluants. Placé dans une pièce dont la température a été portée de $+ 6°$ à $+ 17°$ au moyen d'un poêle, il est resté constamment muet. Mais lorsqu'on a produit un accroissement de chaleur en brûlant des étoupes dans de l'alcool, il a signalé cette combus-

tion au bout de quatre ou cinq minutes, pendant que le thermomètre ne montait que d'un degré.

M. Leblan a même pu régler ses appareils de manière à réduire cet intervalle à deux minutes.

La construction et l'emploi de cet avertisseur exigent certaines précautions qu'il n'est pas inutile d'exposer.

En raison de la distance microscopique qui sépare les deux contacts, il est essentiel de les préserver de la moindre poussière qui, en s'interposant, produirait sans nul doute un appel intempestif. L'inventeur y est parvenu en les renfermant dans une boîte dont tous les joints sont hermétiquement bouchés avec du feutre. Grâce à cette disposition, les appareils qu'il a installés, il y a huit ans, dans diverses salles d'une filature, dont l'atmosphère est continuellement chargée d'impuretés, se sont maintenus en parfait état de conservation. Aucun d'eux n'a donné de fausses indications.

En second lieu, pour qu'il soit rapidement impressionné et révèle ainsi tout commencement d'incendie, l'avertisseur doit être placé aussi près que possible du plafond, dans un endroit où la chaleur tend à se porter et s'accumuler, sous l'action des courants d'air qui dépendent de la distribution des portes et fenêtres.

Enfin, comme un incendie peut avoir son germe dans une combustion qui produise un accroissement graduel et uniforme de chaleur, l'appareil, pour être complet, doit donner l'alarme toutes les fois que la température du milieu ambiant dépasse la limite normale que des causes naturelles permettent d'atteindre. A cet effet, une seconde vis-butoir, reliée à la première, mais isolée des autres pièces, est fixée sur le socle en regard du ressort qui termine la lame de zinc nue. Elle est facilement réglée par un procédé expérimental, de telle

sorte qu'elle arrive au contact lorsque les deux lames se sont également dilatées de la quantité correspondant au maximum fixé.

Ainsi constitué, l'avertisseur de M. Leblan nous paraît offrir les plus sérieuses garanties et appelé à rendre de très-réels services.

Lille, le 19 janvier 1878.

E. CAËL.

ÉLECTRO-AIMANT SUBDIVISÉ.

On se préoccupe beaucoup depuis quelque temps de réduire la résistance des bobines des récepteurs. C'est dans cet ordre d'idées qu'en 1876, au Congrès de l'Association française de Clermont-Ferrand, j'ai présenté un récepteur Morse dont les bobines n'offraient que 3 ohms de résistance avec une résistance de ligne de 500 ohms. Ces bobines, en raison de leur faible résistance et de leurs dispositions particulières, devaient permettre de supprimer les paratonnerres à fil fin.

Dans les appareils à transmission rapide, il y a encore un plus grand intérêt à réduire les résistances et à augmenter la rapidité d'aimantation et de désaimantation dans le fer doux. J'ai imaginé, dans ce but, un système d'électro-aimant subdivisé qui offre les particularités suivantes : dimensions exiguës, diminution du poids du fer doux, de la longueur de fil enroulé sans changement du nombre de tours; emploi d'une forme géométrique de conducteur qui offre plus de surface, sous un moindre volume, dans le rayon d'action sur les fers doux, et emploi d'un diélectrique à faible capacité inductive.

Concevons six petites bobines creuses en fer doux, dont la surface totale égale environ celle d'un électro-aimant ordinaire à deux branches. Autour de chacune de ces bobines est enroulée, à plat, une lame très-mince en cuivre rouge pur. Les spires plates, ainsi formées, sont

isolées de chaque noyau creux, constituant en même temps la bobine, par un diélectrique vitrifié, et, entre elles, par un espace vide.

Chaque rang de spires de la lame mince est donc isolé latéralement par des couches d'air, et concentriquement par un diélectrique composé de plusieurs oxydes métalliques, tenus d'abord en suspension dans l'eau, et cristallisés ensuite à une haute température au chalumeau.

Ce diélectrique a une capacité inductive très-faible, et un pouvoir isolant tout juste suffisant pour ne permettre que de minimes dérivations entre deux rangs de spires consécutifs. C'est un corps médiocrement conducteur de la chaleur.

Ces six bobines, ainsi construites, sont réunies deux à deux par une petite règle plate et creuse en fer doux reliant leurs joues inférieures, également en fer doux. Elles ne forment plus que trois électro-aimants à deux branches, qu'on fixe verticalement en regard, et près l'un de l'autre, sur une plaque en ébonite. Afin que la polarité soit distribuée sur un petit espace, chaque joue supérieure se prolonge par un appendice semblable à ceux des bobines de l'appareil Hughes ou du relais polarisé de Siemens.

En regard des deux pôles réels de chacun de ces trois doubles électro-aimants, est placée une petite armature creuse, dont les pôles coïncident deux à deux. Ces trois armatures horizontales et parallèles sont réunies par un fil rigide en bronze; elles ne forment qu'une même armature, au point de vue mécanique du déplacement; mais elles sont actionnées individuellement, et en forment trois au point de vue magnétique.

L'entrée et la sortie des fils dans chaque bobine sont

disposées de telle sorte que le courant puisse traverser les bobines en tension ou en quantité, à volonté.

L'aimantation et la désaimantation auront lieu avec une grande rapidité. Les extra-courants, le magnétisme rémanent sont très-réduits. Les phénomènes de condensation sont considérablement diminués, en raison du faible pouvoir spécifique inductif du diélectrique, et de son épaisseur.

De plus, les décharges atmosphériques ne sont d'aucun effet dans ces bobines. Les côtés aigus et dénudés des lames, en présence l'un de l'autre sur une grande longueur, font un échange continuel de fluide à haut potentiel. — La résistance de la lame, au point de vue statique, est bien moindre que celle d'un conducteur rond de même volume; et j'ai constaté qu'en raison de la conductibilité pour la chaleur du diélectrique à base d'oxydes métalliques, il faut rougir la bobine entière, chargée de lame, avant d'en rougir une spire.

Les interruptions, en temps d'orage, seraient donc ainsi beaucoup moins à craindre en télégraphie.

Enfin l'emploi des armatures creuses diminue l'absorption magnétique et l'inertie des pièces.

P. Germain,
Employé des télégraphes à Clermont-Ferrand.

COMPTEUR ET ENREGISTREUR DE VITESSE

DE M. THEILER.

Cet instrument a été imaginé dans le but de répondre à l'objection que l'on fait à l'emploi de la puissance de la vapeur pour la locomotion dans les rues, du danger grave qui peut résulter d'un abus possible de la grande force motrice mise à la disposition du conducteur.

Au moyen de cet appareil, on peut à tout instant vérifier la vitesse à laquelle on a marché, et, si l'on a dépassé le maximum de vitesse permis, l'instrument enregistrera ce fait avec une grande exactitude sur une bande de papier, de la manière suivante :

Fig. 1.

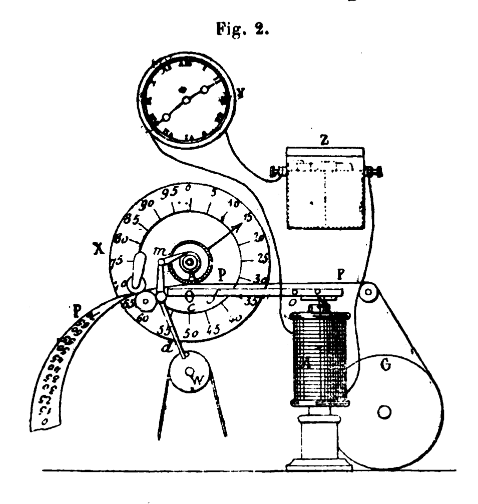
Dans cet exemple d'enregistrement, le chiffre 0 représente les arrêts, le signe + la marche en avant et le signe — la marche en arrière de la voiture. Comme les chiffres représentent le nombre de yards actuellement parcourus dans l'espace de dix secondes, on n'aura, pour avoir la vitesse en milles à l'heure, qu'à diviser ce nombre par 5. Par exemple, si le maximum de vitesse pour un tramway est de 10 milles à l'heure, l'enregistrement ci-dessus fera voir que cette vitesse a été dépassée, puisque $\frac{65}{5} = 13$ milles. Nous avons dit que cet instrument avait été fait pour servir sur les tramways, mais MM. Theiler ont également construit un

compteur de vitesse pour les chemins de fer, qui peut enregistrer la vitesse jusqu'à 85 milles à l'heure.

L'appareil est ainsi construit : A est une roue qui porte gravés sur sa circonférence les nombres 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, et qui est à cet effet divisée en vingt intervalles égaux. Cette roue des types est montée sur un axe tournant, dont la rotation est produite par le moteur d'échappement décrit ci-dessous, de telle sorte qu'un des 20 nombres gravés se placera toujours en face du marteau C et de la bande de papier P qui passe entre le marteau et la roue.

Le marteau *c* est vissé au levier *f* qui oscille sur le pi-

Fig. 2.



vot *o*, et qui porte à son autre extrémité une plaque fer ou armature N. Cette armature est attirée par l'électro-aimant M, et par conséquent le marteau *c* vient frapper contre la roue des types chaque fois qu'un courant électrique traverse l'électro-aimant M. La bande de papier P se déroule lentement du rouet G et avance à

chaque fois que le marteau se soulève. W est une poulie reliée aux roues de la voiture par un ruban ou une corde élastique, et par suite, elle tourne avec une vitesse proportionnelle à celle des roues. Le mouvement continu de W est changé en un mouvement intermittent et transmis à la roue des types par un levier et un cliquet *dm*. De cette manière, pour chaque 5 yards parcourus par la voiture, la roue des types avancera d'un intervalle et présentera au marteau et au papier un nombre qui correspond à la distance parcourue.

L'horloge est disposée de façon à établir un circuit électrique à travers l'électro-aimant M et la pile toutes les dix secondes : le courant produit alors une attraction puissante de l'armature N et une forte pression du papier P contre la roue des types. Aussitôt que le contact électrique est rompu de nouveau, le marteau retombe, et, en agissant ainsi, fait revenir la roue des types à zéro ou point de départ.

Grâce à un mécanisme ingénieux, l'arrêt de la roue des types, pendant l'impression, ne nuit en rien à l'exactitude de l'enregistrement, c'est-à-dire que si l'on additionne tous les nombres reproduits sur la bande, le total représentera toujours la distance parcourue jusqu'au moment où l'on opère.

Comme la voiture peut parcourir 95 yards en dix secondes, avant que la roue des types puisse accomplir une révolution complète, la plus grande vitesse relevée par cet instrument sera $\frac{95 \times 6 \times 60}{1760} = 19,4$ milles à l'heure, ce qui est plus que suffisant pour les tramways. Au besoin, on fixe à la roue des types une aiguille qui indique sur le cadran X la plus grande vitesse atteinte dans un temps donné. La pendule, Y, qui est séparée du comp-

teur, peut servir d'horloge publique dans le compartiment des voyageurs, tandis que le compteur et la pile peuvent être placés dans l'endroit le plus convenable et le plus sûr.

Cet appareil pourra être encore très-utile pour les chemins de fer, car il permettra aux compagnies de se rendre un compte exact des manœuvres de leurs mécaniciens, et, dans les accidents où la question de vitesse est si souvent importante, il donnera des témoignages certains.

(*Engineering.*)

SONDAGES EN MER.

On sait que sir William Thomson a déjà perfectionné les anciennes méthodes de sondage en substituant au fil à plomb le fil d'acier employé pour les cordes de piano. Ce fil, très-mince et lisse, n'offre qu'une petite résistance à l'eau. La machinerie pour faire descendre le fil est disposée de telle sorte que le tambour sur lequel le fil est enroulé s'arrête automatiquement dès que la sonde atteint le fond. Une aiguille indique alors la longueur du fil déroulé. Ce système épargne beaucoup de temps, grâce au peu de frottement que le fil éprouve de la part de l'eau de mer, soit quand il descend, soit quand on le remonte, surtout si on le compare au frottement qu'éprouvait la surface rugueuse des cordes de chanvre supportant le fil à plomb. Grâce à la rapidité du nouveau genre de sondage, il était possible, dans les eaux peu profondes, de prendre à bord d'un navire une série de sondages *volants*, sans ralentir la vitesse aux approches de la côte, grand avantage pour un steamer postal quand il est pris par les brumes. Mais, dans ce système de sondages *volants*, la longueur de ligne immergée pour atteindre le fond est toujours bien supérieure à la vraie profondeur; car, le navire étant en mouvement, il est impossible que le fil descende verticalement jusqu'au fond.

Dans le nouvel appareil de sir William Thomson, on peut obtenir des résultats exacts avec ces sondages volants exécutés sans ralentir la vitesse. La mesure est in-

dépendante de la longueur du fil déroulé qui ne sert plus qu'à contrôler le résultat. La profondeur de l'eau est évaluée d'après la pression que l'eau de mer exerce à cette profondeur même, et l'on obtient cette dernière en munissant le fil à plomb d'un indicateur de pression qui enregistre la pression de l'eau à la profondeur à laquelle on le descend (*). M. Thomson propose deux indicateurs de pression : le premier est un tube de verre, dont une extrémité est fermée et l'autre ouverte et qui contient, par suite, une certaine colonne d'air emprisonnée. Quand ce tube est plongé dans la mer, l'eau entrant par le bout ouvert comprime la colonne d'air dont la hauteur diminue à mesure que la pression de l'eau augmente, suivant la loi de Mariotte. La hauteur à laquelle l'eau de mer s'élèvera dans l'indicateur fera donc connaître la limite de compression atteinte par l'air, et par suite la profondeur à laquelle le tube a été plongé. Il faut donc chercher un moyen de faire indiquer par l'eau elle-même la hauteur à laquelle elle s'est élevée dans le tube. Ce résultat est obtenu en recouvrant la paroi intérieure du tube d'une matière colorante telle que le bleu d'aniline, le prussiate rouge de potasse, qui soit décolorée par l'eau de mer, ou mieux encore par le chromate d'argent sur lequel l'eau de mer agit chimiquement. Le tube de verre, convenablement protégé par un tube de garde en laiton, est descendu par la ligne de sonde et la hauteur à laquelle pénètre l'eau de mer est indiquée par la décoloration de la paroi du tube. Cette hauteur, correspondant à la pression, donne un moyen de mesurer cette pression et, par suite, à l'aide d'une échelle convenablement graduée, de me-

(*) C'est un perfectionnement de la méthode employée par Perkins pour étudier la compressibilité de l'eau avec un piézomètre plongé dans la mer.

surer la profondeur à laquelle le plomb est descendu. Si l'intérieur du tube est enduit de chromate d'argent, l'action de l'eau de mer fait passer sa couleur de l'orange au blanc. Au lieu d'enduire l'intérieur du tube d'une matière colorante adhérente au verre, on peut coller à l'intérieur une bande de papier imprégnée de cette matière. Ou bien, on peut teindre l'eau de mer elle-même quand elle entre dans le tube à l'aide d'une matière colorante contenue dans une petite coupe placée à l'extrémité ouverte du tube; cette matière laisse une trace sur la paroi intérieure du tube qui est préalablement enduite d'un vernis. Sir William Thomson employait une dissolution de sulfate de fer agissant sur une bande de papier imprégnée de prussiate rouge de potasse ou sur le verre lui-même enduit d'un mélange de ce prussiate et d'amidon. Mais le chromate d'argent est préférable.

Le second indicateur de pression est un tube muni de soupapes convenablement disposées; il retient la colonne d'eau qui pénètre dans son intérieur et permet de la ramener à la surface et de lire alors sa hauteur.

Les soupapes aux deux extrémités de ce tube s'ouvrent en dedans sous l'action d'une force déterminée; quand le tube descend, la soupape inférieure s'ouvre, l'eau pénètre et refoule l'air dans la partie supérieure.

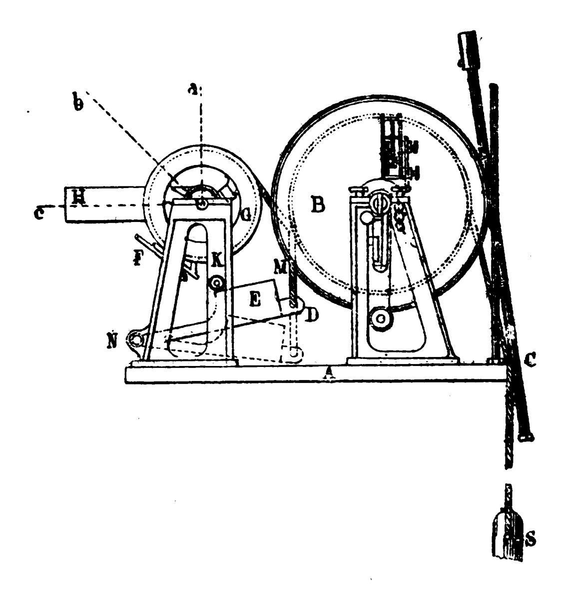
Quand le tube est arrivé au fond de la mer et qu'on commence à le remonter, la soupape inférieure se ferme et retient l'eau qu'elle a laissée pénétrer pendant la descente du tube. D'autre part, la pression de l'eau de mer agissant sur la soupape supérieure force celle-ci à s'ouvrir, permettant ainsi à l'air qui est dans le tube de s'échapper graduellement à mesure que le tube se rapproche de la surface, mais sans laisser entrer l'eau. De cette manière, la pression de l'air intérieur du tube est

constamment équilibrée par celle que la mer exerce à l'extérieur du tube, de sorte qu'il n'y a pas à craindre que celui-ci n'éclate par suite de la pression de l'air qu'il renferme lorsqu'il arrive aux profondeurs où la pression extérieure est moindre. Ce tube est également protégé par une enveloppe de métal.

Pour déterminer la profondeur atteinte par le tube, on se sert d'une échelle ou « règle » graduée en brasses jusqu'à 100 et on l'applique contre le tube dès qu'il est ramené à la surface. Dans le tube chimique, c'est la hauteur décolorée de la paroi qui donne le nombre de brasses de profondeur, et dans le tube à soupapes c'est la hauteur de la colonne d'eau qu'il contient. Dans ce dernier, l'échelle est tracée sur le bord d'une rainure pratiquée le long du tube protecteur, de sorte qu'on peut lire de suite la profondeur.

On adapte le tube à l'appareil de sondage. L'appareil est placé sur une plate-forme boulonnée à l'arrière et faisant saillie sur un des côtés du navire, de telle sorte que le plomb de sonde, quand il est prêt à être lancé, est suspendu sur l'eau et hors du navire. Le fil d'acier pour cordes de piano est enroulé sur un tambour léger et solide. Au lieu d'une sonde en plomb, on emploie un poids cylindrique en fer S, de 1 mètre de long, pesant 10 kilogrammes environ et muni à son extrémité inférieure d'une cavité contenant, comme d'habitude, du suif. Ce poids est attaché à l'extrémité du fil par l'intermédiaire d'une corde de chanvre de 3 mètres de longueur environ. Le tube indicateur de pression C est genopé sur cette corde, à 1 mètre environ de l'anneau métallique qui forme la jonction du cordage avec l'extrémité du fil de piano. Un compteur monté sur l'axe du tambour enregistre le nombre de brasses de fil déroulé.

Un autre détail nouveau et essentiel de cette machine, c'est le frein à frottement. Le diagramme le fera comprendre de suite. Le poids E pivote autour du point N, et à son extrémité D est attachée la corde M. Cette corde M ne fait qu'un seul tour dans une rainure creusée sur le pourtour du tambour B, comme le font voir les lignes pointillées. M passe du tambour sur la poulie G et est arrêtée à une cheville F fixée à la poulie même. H est un poids variable également supporté ou entraîné par la poulie G; il peut passer de sa position horizontale *c* à celles indiquées par les lignes pointillées en *b* et en *a*. Dans le dessin, E est dans sa position la plus élevée où il bute contre l'arrêt K, la corde supporte le maximum de tension, par conséquent le tambour supporte le maximum



de frottement, attendu que chacun des poids E et H agit sur les extrémités de la corde avec son maximum d'effet.

Si H occupe la position *b*, le poids E occupe une position intermédiaire entre l'arrêt supérieur K et la base A, et il exerce sur la corde M une tension de 3 kilogrammes environ qui correspond à une résistance de frottement de 2^{kg},50 environ sur le tambour. Lorsque H est en *a*, son poids porte directement sur l'axe, E repose sur le socle A, et le tambour ne subit presque plus de frottement.

Afin de prendre l'empreinte du fond, le poids plongeur a sa cavité garnie de suif. Un des tubes indicateurs, ayant son extrémité ouverte tournée vers le bas, est placé dans le tube de cuivre protecteur. Puis on abaisse le poids et le tube doucement jusqu'à la surface de l'eau, et l'on retient le tambour jusqu'à ce que le compteur soit embrayé et que le poids H soit arrivé à la position *b* qui représente une résistance de frottement de 2^{k},50 environ exercée sur le tambour et on laisse dérouler le tambour. Il tourne rapidement par suite de l'entraînement du poids S, malgré la résistance du frein, et le fil se déroule de même; mais dès que le poids touche le fond, le frein arrête le tambour. Dès qu'on le voit s'arrêter, on laisse le poids H retomber en *c*; alors la résistance entière se fait sentir sur le tambour et le fil ne peut plus dérouler davantage. On adapte alors des manivelles au tambour et l'on commence à remonter le fil. Cette opération a pour premier effet de ramener le poids H à sa position la plus élevée *a*, ce qui fait que le frottement de la corde sur le tambour est presque entièrement annulé, et l'on n'a plus à vaincre que la résistance du fil et du poids S. Dès que le fil est enroulé, le tube est sorti de son étui et l'on mesure sur l'échelle la hauteur de la ligne d'eau. Cette mesure donne la profondeur sans correction si le baromètre est à une hauteur variant de 730 à 750. Si le baromètre est à 762, il est nécessaire

d'ajouter 1 brasse sur 30, et s'il était à 787, il faudrait ajouter une 1 brasse sur 15.

Pour empêcher le fil de se rouiller, on retire le tambour de ses portants lorsqu'on ne s'en sert plus, et on le plonge dans un bain de soude caustique ou de chaux vive. Le fil est lui-même soit séché à la main quand on le relève, ou passé sur un frotteur imbibé d'une dissolution caustique. Lorsqu'on fait les sondages par un temps très-froid, et que l'eau ramenée par le fil est susceptible de geler sur le tambour, on a soin de remplir d'eau bouillante le tambour qui est creux, afin de le dégeler.

« Lorsqu'on navigue en pleine mer, dit sir William Thomson, par moins de 100 brasses, si l'on a des doutes sur la position du navire, soit par suite de l'état brumeux du ciel, ou parce que les erreurs du chronomètre ne sont pas suffisamment connues, la machine à sonder peut être laissée en marche. Deux hommes suffisent pour la manœuvrer, quelle que soit la vitesse du navire. Le poids ne met pas plus d'un quart de minute à une minute pour descendre au fond, à partir du moment où on le laisse aller, et il suffit de 1 à 4 minutes, à deux hommes, pour le remonter, lorsque la profondeur est de 30 à 100 brasses. Un homme suffit pour le remonter même quand le navire marche à raison de 16 nœuds, mais, avec deux hommes, l'opération se fait plus rapidement et plus régulièrement. Ainsi, il est facile de faire un sondage toutes les 6 ou 8 minutes avec un homme ou deux au plus pour relever le poids. Deux hommes peuvent facilement faire un sondage par quart d'heure, et en suivant cette règle, on pourra faire des observations utiles pour connaître la position du navire.

Il n'est pas nécessaire d'employer chaque fois un tube.

La lecture du compteur au moment où le poids plongeur frappe le fond permet d'apprécier la profondeur avec assez d'exactitude, si l'on se sert de temps en temps d'un tube. Le compteur donne approximativement le nombre de brasses de fil déroulé. Ce nombre peut être le double de la profondeur, et le rapport du fil déroulé à la profondeur varie en raison de la profondeur, de la vitesse du navire et du mauvais état de la mer. Pour un premier sondage, on se sert d'un tube et on lit la profondeur exacte en se servant de l'échelle graduée en brasses. On peut faire ensuite trois ou quatre sondages sans tube, et ensuite on se sert d'un tube aussi souvent qu'on le juge nécessaire pour contrôler les appréciations de profondeur faites d'après les indications du compteur. Il faut aussi à chaque sondage examiner le spécimen ramené du fond par la couche de suif qui se trouve à la partie inférieure du poids. »

Le nouveau compas déjà imaginé par sir William Thomson, et sa machine de sondage ont été essayés sur le vaisseau *le Minotaure*. Le capitaine Walter Kerr, commandant le vaisseau, s'en est servi très-avantageusement. « En ce qui concerne le compas, écrit-il, je suis heureux de pouvoir vous dire qu'il remplit parfaitement son but : il ne dévie pas d'une façon appréciable. Quant à la machine de sondage, elle nous a été très-utile. Nous nous en sommes servi constamment quand nous remontions le détroit. Depuis le moment où nous avons traversé la ligne des sondages jusqu'à notre arrivée à Plymouth, et bien que nous ayons navigué par une bourrasque de vent et avec une mer très-grosse, à une vitesse de 10 nœuds à l'heure, nous avons pu faire des sondages avec autant de facilité que si le navire eût été à l'ancre. »

(Traduit de l'*Engineering* par M. VINCENT.)

CHRONIQUE.

La Télégraphie à l'Exposition universelle de 1878.

Les produits figurant à l'Exposition ont été divisés en neuf groupes, formant quatre-vingt-dix classes. Les groupes sont les suivants :

GROUPE I. (Classes 1 à 5.) — Œuvres d'art.
GROUPE II. (Classes 6 à 16.) — Éducation et enseignement. — Matériel et procédés des arts libéraux.
GROUPE III. (Classes 17 à 29.). — Mobilier et accessoires.
GROUPE IV. (Classes 30 à 42.) — Tissus, vêtements et accessoires.
GROUPE V. (Classes 43 à 49.) — Industries extractives. Produits bruts et ouvrés.
GROUPE VI. (Classes 50 à 68.) — Outillage et procédés des industries mécaniques.
GROUPE VII. (Classes 69 à 75.) — Produits alimentaires.
GROUPE VIII. (Classes 76 à 84.) — Agriculture et pisciculture.
GROUPE IX. (Classe 85 à 90.). — Horticulture.

La télégraphie fait partie du sixième groupe, comprenant *l'outillage et les procédés des industries mécaniques*. Elle forme une classe spéciale, la soixante-cinquième de la série générale entre le matériel des chemins de fer (classe 64) et le matériel et les procédés du génie civil, des travaux publics et de l'architecture (classe 66).

Dans la classification générale, la classe 65 est ainsi définie :

Matériel et procédés de la télégraphie.

Appareils de télégraphie fondés sur la transmission de la lumière, du son, etc.

Matériel de la télégraphie électrique : supports, conducteurs, tendeurs, etc.

Piles électriques pour la télégraphie ; appareils manipulateurs et récepteurs.

Sonneries et signaux électriques.

Télégraphie militaire. Objets accessoires des services télégraphiques : parafoudres, commutateurs, papiers préparés pour les télégraphes imprimants et transmissions autographiques.

Matériel spécial de la télégraphie à air comprimé.

Le jury d'admission de la classe 65 se composait de

MM. Becquerel (Edmond), membre de l'Institut, professeur au conservatoire des Arts-et-Métiers, président ;
Bréguet père, membre de l'Institut, constructeur, vice-président ;
Pierret, directeur de l'administration des télégraphes ;
Le Libon, directeur général des Postes ;
Baron, directeur de la région télégraphique de Paris ;
Hocq, capitaine d'artillerie, membre de la Commission de télégraphie militaire ;
Hardy, constructeur.

Le Comité d'installation, de

MM. Becquerel (Edmond), président ;
Baron, vice-président ;
Bréguet fils, secrétaire ;
Clérac, sous-inspecteur des télégraphes ;
Hocq ;
Hardy.

MM. Clérac et Bréguet fils étaient délégués des exposants.

On retrouve dans un certain nombre d'autres classes des appareils et procédés concernant soit l'électricité et ses applications, soit la télégraphie, notamment dans les suivantes :

Classe 8 (Organisation, méthodes et matériel de l'enseigne-

ment supérieur). — Appareils, collections et matériel destinés à l'enseignement supérieur et aux recherches scientifiques.

Classe 11. (Applications usuelles des arts du dessin et de la plastique). — Galvanoplastie, gravure, etc.

Classe 14 (Médecine, hygiène et assistance publique). — Instruments d'exploration médicale; appareils d'électro-thérapie.

Classe 15 (Instruments de précision). — Appareils et instruments de mesure; instruments de physique.

Classe 24 (Orfèvrerie). — Galvanoplastie.

Classe 25 (Bronzes d'art, fontes d'art diverses). — Fontes revêtues d'enduits métalliques par la galvanoplastie.

Classe 26 (Horlogerie). — Horloges électriques.

Classe 27 (Appareils et procédés de chauffage et d'éclairage). — Lampes photo-électriques.

Classe 42 (Bimbeloterie). — Jouets instructifs.

Classe 43 (Produits des mines et métallurgie). — Produits de l'électro-métallurgie; objets dorés, argentés, cuivrés, aciérés, nickelés, etc., par la galvanoplastie.

Classe 45 (Produits des cueillettes, etc.). — Caoutchouc brut, gutta-percha, etc.

Classe 47 (Produits chimiques, etc.). — Produits de l'industrie du caoutchouc et de la gutta-percha.

Classe 50 (Matériel et procédés de l'exploitation des mines et de la métallurgie). — Appareils électriques d'inflammation pour faire sauter la mine. — Lampes de sûreté. — Lampes photo-électriques. — Appareils d'électro-métallurgie.

Classe 53 (Matériel des arts chimiques, etc.). — Matériel et procédé de la fabrication des objets de caoutchouc et de gutta-percha.

Classe 54 (Machines et appareils de la mécanique générale). — Moteurs électro-magnétiques, etc.

Classe 56 (Matières et procédés du filage et de la corderie). — Câbles à âme métallique.

Classe 57 (Matériel et procédé de tissage). — Métiers électriques.

Classe 60 (Matériel et procédés de la papeterie, brochure,

impression). — Machines et appareils employés dans la typographie, etc.

Classe 61 (Machines, etc., usitées dans divers travaux). — Machines à écrire.

Classe 64 (Matériel des chemins de fer). — Signaux optiques, acoustiques, électriques.

Classe 66 (Génie civil, etc.). — Conservation des bois, etc.

Classe 67 (Matériel de la navigation). — Signaux, sondes, lochs, etc.

Classe 68 (Matériel et procédés de l'art militaire).—Artillerie, vitesse des projectiles et télégraphes de campagne.

Le Jury international chargé de décerner les récompenses a été institué par décret du 8 juin 1878.

Le jury de la classe 65 (Matériel et procédés de la télégraphie) est ainsi composé :

ANGLETERRE ET SES COLONIES. — Major Webber, du corps du génie, chef de la télégraphie militaire au Post-Office, membre du conseil de la Société des Ingénieurs des télégraphes.

FRANCE. — Becquerel (Edmond);
— Bergon, administrateur des télégraphes;
— Baron, *suppléant;*
— Hocq, *id.*

Le jury du 6e groupe, comprenant les classes 50 à 68, est composé comme il suit :

ANGLETERRE. — The Earl of Caithness, président;

FRANCE. — Tresca, membre de l'Institut, sous-directeur du conservatoire des Arts-et-Métiers, 1er vice-président;

RUSSIE. — Wischnegradski, directeur de l'Institut technologique, conseiller d'État actuel, 2e vice-président;

FRANCE. — Lockert, ingénieur civil, secrétaire;
— Bourdon fils, ingénieur civil, secrétaire;
— Charton fils, ingénieur des Pont et Chaussés, setaire.
— Peligot, ingénieur civil, secrétaire.

La classe 15 (instruments de précision) renferme, comme nous l'avons dit, beaucoup d'appareils d'électricité et de télégraphie. La composition du jury de cette classe est la suivante :

ANGLETERRE. — Lord Lindsay;
SUISSE ET NORWÉGE. — Dr Broch, professeur à l'Université de Christiania;
ITALIE. — Professeur Giuseppe Colombo;
AUTRICHE-HONGRIE. — Dr E. de Fleischi, professeur à l'Université de Vienne;
SUISSE. — Louis Soret, professeur de physique à Genève;
FRANCE. — Cornu, professeur de physique à l'École polytechnique;
— Laussedat, colonel du génie, professeur au conservatoire des Arts-et-Métiers;
— Mouchez, capitaine de vaisseau, membre de l'Institut;
— Perrier, chef d'escadron d'état-major, membre du bureau des longitudes;
— *Suppléant :* Bardoux père, fabricant d'instrments d'optique.

Nous trouvons dans la liste générale des membres du jury international deux noms bien connus des personnes qui s'occupent de télégraphie : le professeur Fleeming Jenkin, dans la classe 66 (génie civil, travaux publics et architecture);

Et le capitaine Douglas Galton, ancien président du célèbre comité d'enquête sur les câbles sous-marins institués en 1862 sous le patronage du gouvernement anglais, dans la classe 64 (matériel des chemins de fer).

Nous publierons prochainement la liste des exposants dans les sections étrangères.

Le microphone de M. Hughes.

Le microphone a pour objet d'accroître dans une proportion considérable la sonorité du téléphone ordinaire. — Le récepteur est un téléphone ordinaire de Bell, et le microphone est un perfectionnement du téléphone transmetteur d'Edison à courant de pile.

Voici comment M. de Parville décrit ce petit appareil, dans le *Journal officiel :* M. Hughes prend deux planchettes de boîte à cigares ; l'une, verticale, est assujettie à angle droit sur l'autre, maintenue horizontale. Sur la planchette verticale, il fixe à quelques centimètres l'un au-dessus de l'autre deux petits support en graphite, deux dés. Un trou est fait au centre de la paroi supérieure. Un autre trou, ou plutôt une encoche est ménagée à la base inférieure du dé supérieur. Entre ces deux trous, on engage une baguette de graphite pointue d'un coté, à rebord de l'autre. La baguette, à la moindre vibration, peut jouer et osciller entre ces deux supports.

Le courant d'une pile est lancé dans le support inférieur ; un fil de communication part du support supérieur et va aboutir à un téléphone ordinaire. Le courant passe donc à travers la baguette mobile ayant deux contacts assez imparfaits avec les supports.

Qu'on parle maintenant à côtés des planchettes, le son les fait vibrer ; le mouvement se communiquera aux supports ; la baguette de graphite oscillera. Et à chaque oscillation les contacts se modifiant, la résistance au passage du courant électrique sera elle-même changée. Les variations sont très-accentués ; par suite, les vibrations qu'elles produisent sur la membrane du cornet téléphonique à l'arrivée sont très-augmentées. Le son ainsi produit par l'intermédiaire de ce nouveau système est très-amplifié. Le téléphone ordinaire donnait des sons affaiblis qu'on a comparés à une image photographique réduite. Le téléphone Hughes donne des sons comparables à une image photographique amplifiée.

Il suffit de placer une montre sur la planchette en bois et

de porter le cornet téléphonique à l'oreille pour entendre jusqu'au défilement des rouages. Le tic tac de la montre ressemble à s'y méprendre, tant il est exagéré, au tic tac d'un moulin. On perçoit même le bruit que fait une mouche en se heurtant contre les parois d'une boîte où elle est enfermée.

Nous reviendrons en détail sur ce sujet dans la prochaine livraison.

Relais Tommasi.

L'électro-aimant a une certaine ressemblance avec celui que Faraday a employé pour son étude de la rotation des rayons polarisés sous l'influence magnétique; seulement la traverse qui réunit les deux branches polaires opposées l'une à l'autre est recouverte, comme celles-ci, d'une hélice magnétisante, et c'est entre les pôles de cet électro-aimant que se trouve disposé le barreau magnétique destiné à réagir sur les contacts du relais. Ce barreau, ou plutôt ce système magnétique, car il y en a deux disposés parallèlement, est d'une très-faible masse et d'une très-petite longueur, qui ne doit pas dépasser le diamètre des extrémités polaires de l'électro-aimant; chacun des aimants pivote sur son centre et porte un petit taquet destiné à produire une secousse pour décoller les contacts et rendre plus prompts les mouvements du système. En temps normal, ces barreaux sont rappelés dans le plan de la ligne équatoriale de l'électro-aimant par un aimant fixe dont le pôle actif est en pointe; mais, quand le courant passe à travers l'électro-aimant, chacun des pôles de celui-ci agit sur le système magnétique à la fois par attraction et répulsion, et tend à le faire dévier dans un sens ou dans l'autre, suivant la direction du courant à travers l'électro-aimant; le système magnétique qui se trouve disposé entre les deux contacts du relais vient donc buter sur l'un ou l'autre de ces contacts, et fait fonctionner la pile locale destinée à animer le télégraphe mis en rapport avec le relais.

Le relais fonctionne avec des courants renversés, et il a été combiné de manière à s'appliquer aux télegraphes Morse et

aux télégraphes Hughes; il est si sensible qu'il peut être impressionné par le courant d'un couple voltaïque composé d'un fil de cuivre et d'un fil de zinc, immergés dans de l'eau pure, lequel courant a traversé une planche de bois sec de 20 centimètres de longueur.

Il n'est pas exact toutefois que le relais Tommasi ait permis d'échanger des transmissions régulières entre Marseille et Alger.

Appareils télégraphiques employés en France.

L'appareil fondamental est l'appareil Morse, le plus généralement répandu, tant à l'étranger qu'en France. Le rendement de l'appareil Morse, desservi à chaque extrémité par un employé très-exercé, peut atteindre de vingt à ving-cinq dépêches de vingt mots à l'heure. Le prix (récepteur, manipulateur et rouet) varie, suivant les détails de la construction, de 190 à 230 fr. Les frais d'installation coûtent de 80 à 100 fr.

Sur les lignes dont le travail est plus actif, l'appareil Morse est remplacé par l'appareil imprimeur du système Hughes. Cet instrument, desservi par deux employés à chaque extrémité, permet de transmettre en une heure cinquante dépêches de vingt mots en moyenne. Son rendement est ainsi le double de celui de Morse, mais avec un personnel double. Le prix d'un appareil Hughes est de 1.350 francs environ. L'entretien est assez coûteux et n'est bien assuré qu'avec le concours de mécaniciens spéciaux.

Pour les grandes lignes de Paris à Lyon, Bordeaux, Marseille, où l'appareil Hughes lui-même était insuffisant, l'administration a adopté, depuis quatre ans, le système automatique Wheatstone et les appareils à transmission multiple Meyer et Baudot. Le rendement du systeme Wheatstone atteint quatre-vingt-dix dépêches à l'heure sur Marseille, et peut dépasser ce chiffre sur les lignes moins longues. Mais cet appareil exige un personnel nombreux, cinq employés très-habiles à chaque extrémité et ordinairement six. Un système

Wheatstone complet coûte près de 4.000 fr., soit 8.000 fr. par fil. L'entretien est onéreux, et l'administration paye en outre aux héritiers de l'inventeur une redevance annuelle de 2.500 francs par ligne en service.

Les appareils quadruple et sextuple, imaginés par M. Meyer, fonctionnaire de l'administration française, peuvent servir à un écoulement normal de quatre-vingts à cent vingt trasmissions à l'heure, avec quatre ou six employés à chaque extrémité. Ils coûtent de 4 à 6.000 fr.

Un appareil quintuple imprimeur dû à un autre employé de l'administration, M. Baudot, a été mis récemment à l'essai entre Paris et Bordeaux; il fournit un travail correspondant à la transmission de deux cents dépêches à l'heure, avec cinq employés au moins à chaque extrémité. Il a tout lieu d'espérer que l'emploi de ce système pourra être étendu lorsqu'il aura reçu les améliorations indiquées par les premiers essais. Il n'est pas encore possible de déterminer exactement le prix de revient normal de ces appareils, dont deux types seulement ont été construits.

Le nombre des appareils en service s'élève à trois mille cinq cents pour le système Morse et se réduit à trois cent cinquante pour le système Hughes, qui n'est utilisé que dans des bureaux relativement importants.

L'administration n'emploie encore les appareils du système Wheatstone que sur quatre ligne, ceux de M. Meyer que sur deux, et ceux de M. Baudot sur une seule. Ces lignes sont celles où le trafic est considérable; l'usage des appareils perfectionnés à transmission rapide s'étendra progressivement suivant le développement du service, qui sera la conséquence de la réduction du tarif.

Le rendement des appareils Morse, Hughes et Wheatstone peut être, sinon doublé, au moins augmenté dans une certaine mesure avec un personnel double au moyen des installations en « *duplex* », qui permettent de transmettre simultanément deux dépêches en sens contraire.

L'administration compte utiliser les systèmes duplex et les appareils perfectionnés Meyer, Wheatstone et Baudot, pour faire face à l'accroissement de travail qu'elle doit prévoir sur ses grandes lignes. C'est la réserve dont elle dispose. Mais

sur les lignes principales de Paris, Lyon, Marseille, tous les moyens ont été mis en usage et, dès à présent, dans ces directions, la réserve est épuisée. Par suite de l'extension du trafic, il est nécessaire de poser de nouveaux fils pour relier à Paris Lyon, Marseille, Bordeaux, dans lesquels se concentre toute l'activité télégraphique.

(*Journal officiel.*)

La télégraphie en Amérique.

Par M. PREECE.

Dans la séance du 13 février 1878, M. Preece rend compte à la Société des ingénieurs des télegraphes de la mission dont M. Fischer et lui ont été chargés par l'administration anglaise, pour étudier les progrès de la télégraphie en Amérique.

Réseau américain. — Il n'y a en Amérique que des compagnies privées qui, à elles toutes, possèdent un réseau très-étendu. Il est impossible d'en donner une statistique exacte à cause du nombre et de la diversité de ces compagnies, dont quelques-unes même ne publient pas leur statistique; toutefois M. Preece a pu recueillir les données suivantes: aux États-Unis et au Canada il y a en exploitation environ 300.000 milles de lignes télégraphiques; sur ce nombre, 195.000 appartiennent à la Great Western Union Cy U. S.; 36.000 à l'Atlantic and Pacific Cy U. S.; 20.000 à la Montréal Cy Canada; 7.000 à la Dominion Cy Canada; les petites compagnies et les chemins de fer se partagent les autres 40.000 milles. Cet énorme réseau comporte 11.660 stations qui, dans le courant de l'année dernière, ont transmis 28 millions et demi de dépêches. Le capital engagé est de 300 millions de francs, et il serait difficile d'évaluer les capitaux disparus et engloutis; la Western Union Cy, à elle seule, a absorbé plus de 200 petites compagnies.

Ce qui frappe surtout, dans la télégraphie américaine, c'est le grand nombre de compagnies locales. Ainsi, il y a la *Gold and Stock Cy* qui transmet aux négociants les cours de la bourse; la *Law Telegraph Cy*, qui permet aux hommes de loi

de se consulter entre eux et de correspondre avec leurs clients par l'intermédiaire d'un bureau central, sans qu'ils aient à se déplacer; les télégraphes *de district* et les télégraphes *domestiques*, qui dispensent les habitants de la cité et ceux des faubourgs de correspondre par messagers; les télégraphes d'alarme, placés dans les rues pour prévenir les pompiers quand un incendie se déclare.

Il y a en outre les lignes qui appartiennent aux compagnies de chemins de fer et les télégraphes militaires sur les frontières indiennes; ces derniers, longeant le côté de la mer, transmettent, en outre, chaque jour les observations météorologiques et les prévisions du temps.

Le réseau anglais comprend 113.000 milles de fils et 5.328 bureaux appartenant au Post-Office. Il a été transmis, en 1877, 22 millions de télégrammes. Les compagnies de chemins de fer ont environ 50.000 milles de fils.

Tarifs. — En Amérique, le tarif n'est pas uniforme; cela tient sans doute à la diversité des compagnies et aux grandes distances à parcourir. La dépêche simple est de 10 mots; l'adresse du destinataire et la signature (seule) de l'expéditeur sont transmises gratuitement. Au-dessus de 10 mots, la taxe s'établit par mot. Pour les petites distances, on applique le *tarif local*, qui est de 25 cents (1f,25) par dépêche pour une distance de 25 milles et au-dessous, et de 50 cents (2f,50) pour 50 milles et au-dessous.

Il y a aussi *le tarif carré*. Le pays est divisé en carrés de 50 milles de côté, et le prix d'une dépêche d'un de ces carrés pour une autre est calculé selon la distance qui sépare à vol d'oiseau les centres de ces deux carrés Pour une distance de 100 milles, la taxe est de 40 cents (2f); pour 200 milles, 50 cents (2f,50); pour 1.000 milles, 1 1/2 dollar (7f,50). Lorsque la distance est supérieure à 1.000 milles, on applique le *tarif d'État*, qui est déterminé par la distance qui sépare les États en question. Il varie de 2 à 3 dollars (10 à 15 francs) pour 10 mots. Il y a aussi des taxes spéciales, des demi-taxes, etc., dont nous n'avons pas l'équivalent chez nous. On peut encore transmettre des dépêches « à percevoir », c'est-à-dire dont le prix est réclamé au destinataire. On n'aime pas beaucoup ce système, néanmoins il est passé dans l'usage.

Il y a un genre de dépêches qui est très en faveur, c'est celui des dépêches *différées*. Ces dépêches, déposées le soir, sont transmises pendant la nuit à temps perdu, et distribuées le lendemain matin seulement. Ce système est très-commode dans les cas où les lettres mettent deux ou trois jours pour arriver à destination. Les dépêches différées payent un tarif réduit; aussi près de la moitié des messages échangés entre New-Orleans et New-York sont des dépêches « différées » et 13 p. 100 des dépêches de la Western Union sont des dépêches de ce genre.

La comparaison entre le prix des dépêches en Angleterre et en Amérique est difficile à établir : on peut dire cependant qu'une dépêche coûte meilleur marché en Angleterre qu'en Amérique; le rapport du prix est de 1 s. (1f,25) à 1 s. 10 1/2 d. (2f,35); mais la distance moyenne parcourue est environ huit fois plus grande en Amérique qu'en Angleterre.

M. Preece pense que les arrangements avec la presse ne valent pas les dispositions prises en Angleterre, et les dépêches de presse en Angleterre sont plus nombreuses.

En Angleterre, on transmet jusqu'à 700.000 mots (dont 500.000 par la station centrale de Londres) dans une nuit et 2 millions de mots sont envoyés le matin aux journaux, tandis qu'aux États-Unis on ne transmet guère que la dixième partie de ce nombre.

L'association américaine de la presse, qui recueille les nouvelles et les fait parvenir aux différents journaux, a un arrangement avec le compagnies de télégraphe, à raison de 1 à 10 cents par mot, suivant les distances. Le tarif le plus bas est de 1 cent (0f,05) par mot pour 500 milles. La taxe moyenne de ces dépêches, pour un endroit quelconque du pays, est de 5f,00 pour 100 mots, et la moitié ou 2f,50 par copie supplémentaire, tandis qu'en Angleterre ces mêmes dépêches coûtent 1f,25, et seulement 0f,20 par copie en sus. En Amérique, les dépêches du gouvernement sont taxées à raison de 1 cent par mot et par 500 milles de distance. Ces dépêches sont très-nombreuses, de même que les dépêches en franchise que l'on accorde souvent aux compagnies de chemins de fer en échange d'autres concessions.

Le payement des articles d'argent se pratique sur une

grande échelle : le droit est de 1 p. 100. La Western Union Cy a ainsi transmis plus de 12 millions en 1877.

Les frais de port à domicile sont très-modérés; dans le rayon de 1/2 mille, la remise se fait gratuitement.

Personnel. — Le télégraphe est très en faveur en Amérique. Il est rare de rencontrer quelqu'un qui ne connaisse pas la manière de s'en servir, et beaucoup de personnes savent manipuler. Les étudiants de Harvard ont des appareils dans leurs quartiers et forment des clubs télégraphiques. L'Université tient à honneur de s'associer aux sociétés de télégraphie. Les agents des chemins de fer s'occupent presque tous de télégraphie, et presque tous les chefs de gare ont été télégraphistes. Des journaux spéciaux rendent compte de tout ce que font les télégraphistes.

Il en résulte que les employés s'intéressent beaucoup à leur travail et cherchent à se surpasser. Beaucoup d'entre eux deviennent très-habiles à la manipulation.

Par suite de la grande étendue du réseau, on demande beaucoup d'employés. Le traitement moyen est de 4.800 fr., tandis qu'en Enrope il n'est que de 2.000 francs seulement. Les femmes n'y sont pas employées en aussi grand nombre qu'en Angleterre.

Suivant M. Preece, les connaissances scientifiques du personnel supérieur seraient inférieures à celles du personnel supérieur anglais, ce qu'il explique par le peu de câble sous-marins et de lignes souterraines en Amérique, et aussi parce que les appareils américains sont plus simples, en général, que les appareils anglais. On se sert de l'alphabet Morse modifié. Certaines lettres sont abrégées par l'emploi d'un intervalle égal au trait entre les signaux (lettres espacées). On économise du temps, mais M. Preece est d'avis qu'il en résulte une source d'erreurs.

Matériel de ligne. — Le matériel des tétégraphes américains se distingue surtout par son extrême simplicité et son uniformité. Il diffère, dans les détails, du matériel anglais, en raison de la différence de climat, des distances, des matériaux et des moyens de transport dans les deux pays.

Les premières lignes américaines ont été construites comme en Angleterre, d'abord le long des chemins de fer, puis en

dernier lieu le long des routes. Le prix moyen d'une ligne à un seul fil est à peu près le même qu'en Angleterre, c'est-à-dire de 500 à 750 fr. le mille.

Il y a très-peu de lignes souterraines, et l'on y voit des fils et des poteaux dans les rues les plus fréquentées et dans les plus belles avenues, ce qui produit un effet tout à fait disgracieux. M. Preece a pu compter jusqu'à quatre lignes distinctes dans une rue de New-York. On n'accroche pas les fils aux cheminées ni aux toits, et l'on voit des poteaux atteignant jusqu'à 90 ou 96 pieds de hauteur. On se figure aisément que ces lignes doivent coûter aussi cher que des lignes souterraines.

Les câbles sous-marins sont presque aussi rares que les lignes souterraines. Il y a cependant quelques câbles qui traversent les rivières de l'Est et l'Hudson à New-York. Ces câbles se composent de 7 conducteurs et pèsent 8 tonnes par mille environ. Ils sont souvent détériorés par les ancres des navires qui circulent sur ces rivières, et il arrive souvent qu'on est obligé de les réparer quatre ou cinq fois par jour. Un petit navire à vapeur est toujours sous pression pour aider les navires à dégager leurs ancres et faire les réparations. « J'ai vu, dit M. Preece, ce steamer remonter l'Hudson, saisir le câble, relever une longueur de 1/4 de mille, par 20 brasses de profondeur, en 40 minutes, et le poser de nouveau suivant un autre tracé en 6 minutes. Toute l'expédition n'avait pas duré plus de 4 heures. »

Les poteaux sont généralement en cèdre blanc ou rouge, ou en châtaignier; ces arbres poussent très-droits; sur la côte du Pacifique, on emploie le sapin. Les bois ne sont jamais injectés à la créosote ni au sulfate de cuivre, et ils durent du 12 à 15 ans. En Angleterre, les poteaux non injectés ne durent pas plus de 7 à 8 ans; mais en Amérique, le climat est bien plus sec et le bois coûte meilleur marché. Les poteaux de cèdre coûtent de 2f,50 à 5 francs pièce. Les traverses sont généralement en sapin blanc. M. Preece n'a pas vu d'exemple de poteaux en fer.

On se sert quelquefois de fil non galvanisé; mais on tend à ne plus employer que le galvanisé qui, de l'avis de tout le monde, dure bien davantage. Les types employés sont les fils nos 6 (5 millim.), 8 (4mm,3) et 9 (3mm,9). — Le no 6 sert pour

les grandes distances et le n° 9 pour les lignes courtes.

Les électriciens américains ont adopté les premiers l'excellente méthode de spécifier et d'essayer la conductibilité électrique du fil de ligne, ce que l'on ne faisait autrefois chez nous que pour les câbles sous-marins, mais ce que nous faisons maintenant pour tous les fils.

Leur unité est le ohm-mille : la qualité du fer est spécifiée par la condition de donner un ohm-mille égal à 5.500 livres; en d'autres termes, un mille de fil de fer pesant 5.500 livres doit avoir une résistance de 1 ohm, ce qui donne 14 ohms par mille pour la résistance d'un fil n° 8. Ils ont réussi ainsi à obtenir un fil dont le ohm-mille pèse 4.884 livres, alors que notre meilleur fil anglais pèse 4.900. Ce qui démontre l'utilité pratique de ces essais de conductibilité.

Pour avoir un fil à la fois très-conducteur et très-tenace, les Américains ont inventé le *fil Compound*, que l'on obtient en appliquant sur le fil de fer, soit une bande de cuivre, soit une couche du même métal déposée électro-chimiquement. Le premier système n'a pas réussi : l'eau pénétrait entre le ruban de cuivre et l'acier qui s'oxydait. Aussi on a eu recours au procédé électrolytique. — On peut prévoir que l'on finira par obtenir un fil de ligne qui, à la ténacité du fil n° 8 (4^{mm},3), joindra la conductibilité du fil n° 4 (6^{mm},10) et la légèreté du n° 16 (1^{mm},65).

Les fils sont plus espacés que chez nous : leur tension ne dépasse pas 200 livres environ, tandis qu'en Angleterre elle est de 300.

Notre *joint* anglais n'est pas en faveur en Amérique, où l'on préfère un nœud très-curieusement formé que l'on trempe dans un bain de soudure. C'est depuis peu seulement que la soudure a été adoptée d'une façon générale en Amérique. M. Preece rapporte que la résistance d'un circuit qui avant la soudure était de 23.500 ohms, est tombée à 1.400 ohms après la soudure.

L'isolateur ordinaire est une cloche en verre vert uni et recuit que l'on fixe en la vissant sur une console en bois, ce qui évite les inconvénients du scellement au ciment et au soufre. Cet isolateur serait insuffisant en Angleterre; mais, en Amérique, l'atmosphère est sereine, il n'y a presque pas de

brouillards, et les nuages aqueux qui enveloppent quelquefois notre pays d'un bout à l'autre ne s'y produisent pas; pendant plusieurs mois de l'année, on pourrait presque correspondre entre New-York et Chicago sans isolateurs. — Il y a encore l'isolateur Kenosha, fait avec du bois calciné plongé dans une composition isolante, et celui bien connu de M. Brooks. Le fil fait un simple tour autour du sommet et n'est pas ligaturé avec un fil plus mince. On ne se sert pas d'isolateurs-poulies et l'on n'emploie que très-peu de haubans et de contre-fiches. Ils fortifient les lignes en multipliant les poteaux, dont le nombre habituel est de 40 par mille.

Les poteaux ne sont pas munis de fils de terre ni de paratonnerres, comme cela a lieu en Angleterre, pour les protéger contre la foudre et pour empêcher les déviations d'un fil à un autre par les temps humides.

Les lignes américaines ne sont pas sujettes à ces mélanges, et bien que les orages soient plus fréquents et plus violents que dans notre contrée, elles ont moins à en souffrir, sans doute à cause de la grande étendue de pays sur laquelle elles sont disséminées. Mais lorsqu'une ligne est frappée par la foudre, les dommages sont habituellement considérables, et l'on a vu une seule décharge atmosphérique détruire jusqu'à 200 poteaux.

Le critérium d'une ligne bien entretenue est d'être à l'abri des ruptures et d'être susceptible d'une réparation prompte. Sous ce rapport, l'Angleterre et l'Amérique tiennent le même rang.

En Amérique, la partie technique et l'exploitation ne sont pas distinctes; le directeur d'un bureau est responsable du bon état des appareils, et les employés qui manipulent sont tenus d'essayer et de réparer les lignes. Il n'y a pas d'inspecteur, comme en Angleterre, mais il y a un superintendant chargé de la construction des lignes. Les essais des lignes se font moins scientifiquement que chez nous. On voit rarement des galvanomètres dans les bureaux, et les fils possèdent un si bon isolement qu'il n'est pas rare de voir l'employé principal localiser une interruption d'après l'intensité de la commotion que le courant de retour produit dans ses doigts.

M. Preece a vu lui-même localiser ainsi un dérangement à 10 milles près.

Matériel de poste. — La plupart des lignes fonctionnent en circuit fermé (ou d'après le système à courant continu). Le circuit est ouvert pour transmettre un signal. En Angleterre, on se sert invariablement de l'installation à circuit ouvert : on ferme le circuit pour transmettre un signal.

Le travail à circuit fermé a de grands avantages au point de vue de la simplicité et de l'uniformité. Il concentre toutes les piles dans une station extrême, simplifie le réglage de l'appareil suivant les variations du courant de ligne, et permet à un plus grand nombre de stations de travailler sur le même fil. 57 stations fonctionnent bien dans un circuit de 457 milles. Ce système soumet le circuit à une épreuve constante : « à beaucoup d'égards il se recommande à notre attention, et nous nous proposons d'en appliquer plus largement le principe. »

Toutefois, M. Preece pense que pour les longues lignes il est préférable d'employer le circuit ouvert, qui fonctionne mieux avec un effectif de piles bien moins grand, et les Américains eux-mêmes commencent à partager cette manière de voir. — Leur pile est la pile à sable : c'est un système mauvais et cher ; l'entretien annuel d'un élément coûte plus de 7 francs, alors que celui d'un élément Daniell avec vase poreux n'atteint pas 1 fr. 25.

Le récepteur employé principalement aux États-Unis est le parleur, et, en général, l'installation d'un bureau américain comprend seulement un manipulateur, un relais et un parleur, la pile se trouvant à la station extrême. Le parleur est un petit appareil très-commode et un des principaux résultats du voyage de M. Preece aux États-Unis a été de le faire adopter plus rapidement dans les bureaux anglais. Le travail au son accroît le rendement des fils et accélère l'expédition des dépêches. Les relais ne sont pas polarisés, leur résistance est faible (150 ohms) et leurs bobines petites ; car la pratique a montré, en Amérique comme chez nous, que l'on obtient un fonctionnement plus rapide en réduisant la résistance et les dimensions des bobines.

Sur les grandes lignes américaines, on interpose des trans-

lateurs ou relais, quelquefois jusqu'à deux et trois, comme entre New-York et Chicago, New-York et la Nouvelle-Orléans afin de renforcer le courant; et il est remarquable que l'introduction de ces instruments dans le circuit ne diminue pas sensiblement la vitesse de transmission, tandis qu'en Europe, entre Londres et Odessa, par exemple, cette vitesse est bien ralentie.

Les systèmes duplex usités en Amérique sont ceux de Stearns, Winter (connu en Amérique sous le nom de *système d'Infreville*), Haskins et Gerritt Smith.

En outre des méthodes *simplex* et *duplex* ordinaires, il y a le *diplex*, transmission de deux messages à la fois dans le même sens; le *contraplex*, qui permet de transmettre simultanément deux messages dans un sens, et un en sens contraire; le *quadruplex* de Edison et de Prescott; un *sexaplex*, qui est encore à l'étude, et enfin les systèmes *multiplex* ou téléphoniques. Le quadruplex, qui n'est que la combinaison du *duplex* et du *diplex*, a été introduit en Angleterre et fonctionne convenablement entre Londres et Liverpool.

Le multiplex de M. Elisha Gray, qui semble n'être autre chose que le système employé par M. Varley, pour superposer aux signaux Morse ordinaires les signaux produits par les courants ondulatoires, a fonctionné avec succès entre Chicago et Dubuque. Ce circuit renferme 17 stations intermédiaires travaillant avec le Morse, sans que leur travail trouble la correspondance téléphonique de Chicago et Dubuque qui se fait par le même fil. Les appareils imprimeurs, fondés sur le principe de l'appareil Hughes, en particulier ceux de MM. Phelps et Elisha Gray, servent principalement pour transmettre les cours. L'appareil automatique de M. Edison, qui transmet le chiffre énorme de 1.000 mots par minute sur un court circuit, donne un rendement bien moins considérable sur les longues lignes. — En Amérique, il peut transmettre de 500 à 600 mots par minute sur une ligne de 500 milles de longueur, tandis qu'en Angleterre il n'en pourrait transmettre que 200 dans le même temps.

Les dérangements des lignes proviennent généralement des incendies des forêts, des chutes d'arbre, des tourmentes de

neige ou de la foudre. Il y a pour ainsi dire absence totale de mécaniciens dans les stations télégraphiques, tous les appareils étant construits dans les ateliers des grandes villes.

Il y a aux États-Unis 145 stations météorologiques qui font parvenir dans toutes les parties du pays l'état de l'atmosphère, la hausse et la baisse des eaux, et l'approche des tempêtes et des ouragans. L'heure est donnée partout de la même manière. Toutes les villes importantes sont pourvues de télégraphes d'alarme pour les incendies. Ces appareils sont installés à des distances régulières dans les rues les plus fréquentées, et il suffit, pour faire connaître au poste de pompiers le point où un incendie s'est déclaré, de tourner une manivelle ou d'appuyer sur un bouton. De plus, les pompiers sont parfaitement exercés, et M. Preece a pu voir lui-même une pompe partir toute prête à fonctionner pour le lieu du sinistre huit secondes après la réception du signal d'alarme. On se sert aussi d'appareils automatiques d'alarme que la chaleur du foyer d'incendie met en fonction et qui transmettent l'alarme aux postes de pompiers.

La plupart des maisons particulières des grandes villes ont un télégraphe domestique qui sert à demander une voiture ou un médecin, par l'intermédiaire d'un bureau central.

L'organisation des télégraphes américains est caractérisée par une grande élasticité. Là, pas de routine, chacun agit sous sa propre responsabilité et sait que son succès dépend de ses propres efforts.

L'invention y est une profession; certaines personnes sont payées pour inventer, et M. Edison reçoit pour cela un traitement très-élevé de la Western Union Cy, qui lui a également fourni un beau laboratoire. Les inventions nouvelles sont toujours encouragées en Amérique.

Quant aux mérites comparatifs des systèmes employés en Amérique et en Angleterre, M. Preece pense qu'ils sont égaux. Les deux pays sont arrivés aux mêmes résultats par des moyens différents. On obtient la même vitesse de transmission, en Angleterre, par le système automatique, et, en Amérique, par les systèmes duplex et quadruplex. Au point de vue financier, les télégraphes américains surpassent les télé-

graphes anglais, mais nous devons rappeler que le réseau anglais est mieux distribué et dessert toutes les parties du pays.

Canalisation des courants électriques par l'emploi des bouteilles de Leyde de grande surface.

Par M. P. Jablochkoff

J'ai appliqué des bouteilles de Leyde d'une très-grande surface pour distribuer en plusieurs points différents le courant donné par une source unique d'électicité, en vue d'applications à l'éclairage. J'ai travaillé principalement avec les machines à courants alternatfs, et j'ai obtenu des résultats remarquables.

Les condensateurs que j'emploie se composent de grandes surfaces de feuilles métalliques, séparées par des feuilles isolantes de verre, de gutta, d'étoffes gommées, etc.

Je réunis l'un des conducteurs d'une machine à courants alternatifs avec l'une des surfaces des appareils que je viens de décrire. Par l'autre surface et le second conducteur (ou la terre), je reçois d'une manière constante un courant alternatif, qui peut être recueilli de différentes façons. On peut, ou bien réunir ensemble les secondes surfaces des appareils et recueillir le courant par un seul conducteur, sur le trajet duquel on placera les foyers lumineux; ou bien faire partir de la seconde surface de chaque appareil un conducteur distinct, et placer sur chacun de ces conducteurs des foyers lumineux. En opérant de l'une ou de l'autre façon, l'expérience m'a montré que l'effet du courant, dans le premier cas, est bien supérieur à l'effet du courant donné directement par la machine. Dans le second cas, la somme totale des effets partiels est aussi supérieure à l'effet du courant primitif.

Par exemple, si, sur le passage du courant d'une machine à courants alternatifs, susceptible seulement de donner une étincelle d'arrachement équivalente à celle de six à huit éléments Bunsen, on interpose une série de condensateurs dont la surface représente à peu près 500 mètres carrés, on peut produire un arc voltaïque de 15 à 20 millimètres, et les char-

bons de 5 millimètres de diamètre rougissent sur une longueur de 6 à 10 millimètres, à partir de leur extrémité.

Si, sur le courant d'une bobine d'induction alimentée par un courant alternatif et donnant ainsi une étincelle de 5 millimètres, j'interpose de la même façon un condensateur d'environ 20 mètres carrés de surface, je reçois un arc voltaïque de 30 millimètres, et, dans ce cas, les charbons de 4 millimètres de diamètre rougissent aussi sur une longueur de 6 à 10 millimètres à leur extrémité.

(*Comptes rendus.*)

Pile dans laquelle l'électrode attaquée est du charbon.

Par M. P. Jablochkoff.

Le charbon brûlé dans les machines à vapeur produit un travail qui, transformé en électricité au moyen des machines magnéto-électriques, fournit cette électricité à bien meilleur compte que toutes les piles à action chimique existant jusqu'à présent. Cette considération m'a donné l'idée de produire l'électricité en attaquant directement le charbon. Mais le charbon, comme chacun sait, n'est attaqué par aucun liquide à la température ordinaire. J'ai donc dû construire une pile électro-chimique à liquide chaud.

Or les corps qui sont liquides à la température ordinaire devaient évidemment se vaporiser à la température nécessaire pour attaquer le charbon. Dès lors, il fallait prendre une substance qui ne devînt liquide qu'à une température déjà assez élevée et dont la vaporisation n'eût lieu qu'à une très-haute température.

Dans ce but, j'ai fondu, soit le nitrate de potasse, soit le nitrate de soude, et dans ce liquide, j'ai plongé comme électrode attaquable le charbon de coke ordinaire, et comme électrode inattaquable le platine; mais l'expérience m'a démontré que cette électrode inattaquable peut être le fer, la fonte de fer ou tout autre métal qui, en présence du charbon, n'est pas attaqué par le liquide.

La force électromotrice de la pile varie entre 2 et 3 unités, suivant la nature des sels métalliques introduits dans le liquide; cette force électromotrice est donc supérieure à celle des piles Bunsen et Grenet. La pile Bunsen donne, en effet, au maximum, 1,8 unité, la pile Grenet, 2 unités et dans les meilleures conditions, 2,1 unités.

Pour mettre la pile en fonction de la manière la plus pratique, il n'est pas nécessaire de fondre le nitrate alcalin d'avance; il suffit d'allumer un morceau de coke et de le mettre en contact avec le nitrate en poudre. L'action chimique commence immédiatement, la température produite fait fondre le sel qui entoure la coke, et la pile entre en fonctionnement.

Pendant ce fonctionnement, il se produit un grand dégagement d'acide carbonique et d'autres gaz. J'ai imaginé une disposition permettant d'emmagasiner ce gaz, afin de le faire servir comme force motrice. La disposition pratique des éléments de la pile que nous venons de décrire est la suivante :

Une marmite de fonte de fer, de forme cylindrique, sert à la fois de récipient et d'électrode inattaquable. Un panier de fil de fer, de forme concentrique, sert à tenir le coke et en même temps joue le rôle de réophore.

A mesure que le charbon et le sel fondu s'usent, on peut ajouter ces deux substances à la main, ou alimenter automatiquement la pile pendant toute la durée du travail. Contrairement à ce qu'on pouvait penser, cette combustion n'est pas du tout rapide.

Ainsi, par ce procédé, la combustion directe du charbon sert à donner le courant électrique, le dépôt des métaux et une force motrice.

(*Comptes rendus.*)

Frein électrique.

Par M. A. Achard.

Dans la disposition primitive de ce frein, pour que l'arrêt fût automatique quand un accident quelconque aurait rompu

le frein, un courant électrique continu parcourait sans cesse le fil métallique d'un bout à l'autre du train, et l'enrayage des roues était produit par l'interruption de ce courant. L'expérience a démontré qu'il était préférable d'employer le courant à produire directement l'enrayage des roues, sauf à recourir à des dispositions particulières pour assurer le serrage immédiat des freins, en cas de rupture du train, de déraillement ou d'incendie.

Chaque voiture est munie d'un faux essieu ataché au châssis parallèlement à l'essieu des roues. Il porte deux rouleaux de friction touchant constamment l'essieu des roues, et lui empruntant ainsi un mouvement de rotation continu. Entre ces rouleaux, deux manchons sont montés sur le faux essieu, et ils restent fous dans la marche normale. Ils sont séparés l'un de l'autre par un électro-aimant à quatre pôles, faisant corps avec le faux essieu et entraîné dans son mouvement. Cet électro-aimant communique avec le réseau des fils métalliques qui courent dans toute l'étendue du train, et un simple mouvement de commutateur permet d'y lancer le courant de la pile, d'animer ainsi les électro-aimants qui entraînent les manchons dans leur mouvement de rotation. Aux manchons s'attachent des chaînes qui font agir un grand levier commandant le serrage des sabots. Cette manœuvre n'exige, de la part du mécanicien, que le tirage d'une corde ou la pression de la main sur un bouton. La manœuvre est très-rapide, et le calage d'un train, animé d'une grande vitesse, peut être obtenu dans un tiers de seconde. L'expérience a montré que cette promptitude d'arrêt n'avait pas les inconvénients qu'on avait d'abord redoutés, et dans de nombreux essais faits depuis plusieurs années, on n'a jamais constaté de rupture de pièces provenant de cette cause.

(*Les Mondes.*)

Le Gérant : Dunod. — Imprimerie Arnous de Rivière, 26, rue Racine.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1878 **Juillet-Août.**

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878

GROUPE VI. — CLASSE 65.

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA TÉLÉGRAPHIE.

LISTE DES EXPOSANTS (*).

FRANCE ET COLONIES FRANÇAISES (SUITE).

Algérie.

Bérenger, à Blidah. — Instrument électrique employé comme moteur industriel.

Léard, employé des télégraphes, à Alger. — Maisonnette garantie contre les voleurs au moyen d'un dispositif électro-magnétique.

Nouvelle Calédonie.

Roussel. — Serrure à sonnerie électrique.

(*) Voir même tome, page 241.

GRANDE-BRETAGNE ET IRLANDE.

Bell, Alexander Graham, inventeur; 115, Cannon street, London. — Téléphones articulant et parlant, avec sonnette d'alarme et autres appareils de téléphones. (Exposés dans la classe 15.)

British Telegraph manufactory, Limited; 374, Euston Road, London (agent à Paris, J. Aylmer, 4, rue de Naples). — Appareils télégraphiques et électriques. Télégraphe à cadran de Wheatstone. Télégraphe militaire à cadran, système Wheatstone. Récepteur imprimeur pour télégraphe à cadran. Compteur totalisateur électro-magnétique. Télégraphe Morse avec translation. Morse polarisé et relais polarisé. Rhéostat pour transmission duplex. Commutateurs. Manipulateurs à inversion de courant. Exploseur magnéto-électrique de Wheatstone, pour torpilles et amorces. Boutons de sonneries magnéto-électriques avec sonnerie à avertisseur. Condensateurs. Appareils télégraphiques automatiques pour duplex, système Wheatstone. Pont de Wheatstone. Parleur Morse, à aiguille. Sonneries magnéto-électriques pour mines. Caisses de résistances. Avertisseur électrique d'incendie. Commutateur à cylindre. Manipulateurs d'essais. Parafoudres. Rhéostat de Wheatstone. Relais de Wheatstone.

Homfray et C°, constructeurs d'appareils pneumatiques pour signaux, 7, Great Winchester street Buildings, City, London. (Agent à Paris, M. J. Aylmer, 4, rue de Naples.) — Tuyaux pneumatiques pour la transmission d'échantillons, d'argent, de documents, etc., dans toute espèce de maison. Télégraphe pneumatique pour signaler les mouvements des machines ou du timon pour vaisseaux. (Exposés dans la classe 67.)

Jamieson Andrew, ingénieur, électricien et inventeur; Eastern Telegraph C°. Limited, 66 old Broad street, City, London. (Agent à Paris. M. J. Aylmer, 4, rue de Naples.) — Grappin pour pêcher et relever les câbles télégraphiques sous-marins, ne pouvant pas s'accrocher dans les roches du fond. Préservateurs de Saunders et Jamieson contre les ravages des animaux destructeurs des câbles sous-marins. Manipulateur. Commutateur avec nouveau système de contacts pour la télégraphie sous-marine. Un parafoudre pour câbles et appareils télégraphiques.

Sanderson et C°, constructeurs de paratonnerres, 44, Essex street, Strand, London. Fabrique à Huddersfield. — Tiges plates en cuivre plein pour conducteurs de paratonnerres, fabriquées sans soudures et de diverses dimensions.

Siemens Brothers, ingénieurs télégraphiques et inventeurs, 12, Queen Anne's Gate, Westminster, London; Fabrique, Charlton Pier, Woolwich, Kent. — Appareils électriques, etc.

The Telegraph C° and Maintenance C°. Limited, fabrique de câbles télégraphiques sous-marins, 38, Old Broad Str., City, London. — Câbles télégraphiques sous-marins de différents modèles et destinés à toutes les profondeurs jusqu'à 6,000 mètres.

Varley, S. Alfred, ingénieur télégraphique et inventeur, Hatfield, Hertfordshire. — Bobine non démagnétisable pour aiguille télégra-

graphique, adoptée par l'administration des télégraphes de la Grande-Bretagne. Machines dynamo-électriques. Électromoteurs.

Elmdars (C. E.), constructeur d'appareils pour signaux pneumatiques, inventeur, 327, Gray's Inn Road, London. — Appareils pour signaux et communications pneumatiques, se composant de sonneries, indicateurs et tubes pneumatiques.

COLONIES ANGLAISES.

La Nouvelle-Galles du Sud.
Victoria.

Commission royale de Victoria. — Appareils télégraphiques.

ÉTATS-UNIS.

Coston, à Washington. — Signaux de nuit.

Edison, à Menlo-Park (New-Jersey). — Appareils de télégraphie électrique et acoustique; phonographe; téléphone; plume électrique.

Gally, à New-Yorck. — Appareil télégraphique duplex et multiplex.

Gray (E.), à Chicago. — Téléphone et autres appareils électriques.

Pond et C°, à New-York. — Appareil électrique.

SUÈDE.

Kuntze et Comp, Stockholm. — Appareils de sonneries pneumatiques. (Voir groupe IV, cl. 41.)

Anglin, Th. H., Halleborg, Pukavik). — Appareils destinés à donner l'alarme en cas d'incendie.

Ces appareils travaillent à l'aide d'un mécanisme ou de l'électricité. Dans le premier cas, ils consistent en une sonnerie à poids et en appareils spéciaux, dont un, fixé dans chaque pièce de la maison, est mis par des fils métalliques en communication avec la sonnerie. Les appareils électriques sont des espèces de thermomètres, placés, au moyen de fils métalliques, en communication avec une sonnerie électrique.

Brunius (H.), ingénieur, Jönköping. — Appareil de télégraphie électrique pour communication entre un train en marche et les stations. (Voir Groupe VI, cl. 54.)

Carlander (L.), Stockholm. — Appareil de télégraphie électrique.

Ericsson (O. A.), Gothembourg. — Appareil de télégraphie électrique, comprenant les parties suivantes: Appareil combiné de transmission et de réception, perforateur préparant le papier pour la transmission, etc.

Harlberg (A-E.), inspecteur des télégraphes des voies ferrées de l'État,

Stockholm. — Description et carte du réseau télégraphique pour le signalement des incendies à Stockholm, établi en 1876.

Ce système comprend : 7 bureaux pourvus d'appareils Morse et d'appareils Siemens et Halske; 25 bureaux pourvus d'appareils magnéto-électriques Siemens et Halske; 73 boîtes de signalement, placées en dehors des maisons dans les diverses parties de la ville.

Recin et Bratt, Stokholm. — Matériel de télégraphie électrique : Isolateurs avec crochets en fer; tendeurs pour fixer le fil sur l'isolateur; mâchoire à tordre pour joindre les bouts des fils; poulies; foret pour les crochets; clef pour les tendeurs et pour visser les crochets; tenaille pour couper le fil; échelle en trois parties; dévidoir pour dérouler le fil.

NORWÉGE.

Olsen, à Christiania. — Télégraphe imprimeur automatique.

ESPAGNE.

De la Fuente, colonel du génie à Madrid. — Application pratique du téléphone à la télégraphie.

Moreno y Tovillas, commandant du génie à Madrid. — Paratonnerres.

RUSSIE.

Dietrichson, à Saint-Pétersbourg. — Appareils télégraphiques.

Baron Hervarth, à Saint-Pétersbourg. — Matériel de télégraphie; supports.

Petsch, à Varsovie. — Appareils télégraphiques; sonneries électriques.

HONGRIE.

Chemin de fer de Gyor-Sopran-Ebenfurth, à Bude-Pesth. — Appareils indicateurs de M. Albert Polyak.

Hamar et Lederer, à Bude-Pesth. — Pile électro-galvanique.

Weiner, à Bude-Pesth. — Divers appareils télégraphiques.

AUTRICHE.

Felbinger et Crespin, à Vienne, Schottensteig, 5. — Télégraphe pneumatique.

Hess, à Vienne, Fünfhaus, Zinkgasse, 2. — Charbons électriques et modèles de machines magnéto-électriques. (Voir classe 15.)

Marcus, à Vienne, Mariahilferstrasse, 107. — Machine dynamo-électrique. (Voir classe 54.)

Schäffler, à Vienne, Halbgasse, 26. — Appareils télégraphiques; signaux électriques pour chemins de fer; enregistreurs électriques.

Tobisch, à Vienne, Zieglergasse, 22. — Fils pour télégraphes recouverts de soie et de coton. (Voir classe 36.)

Compagnie des chemins de fer du Nord (empereur Ferdinand) et chemin de fer de Moravie et de Silésie, à Vienne. — Installation complète d'une ligne télégraphique; stations de lignes télégraphiques. (Voir classe 64.)

Compagnie des chemins de fer de l'Impératrice Élisabeth, à Vienne. — Appareil télégraphique Morse, commutateurs, stations d'embranchement; dessin d'un appareil électrique pour signal d'appel. (Voir classe 64.)

Société I. R. privée des chemins de fer de l'État. — Une ligne de sonneries électriques à signaux (deux postes extrêmes et deux postes de garde), servant également à la correspondance télégraphique entre les deux postes extrêmes. — Un disque protecteur à moteur électro-magnétique (Brevet Langie). (Voir classe 64.)

Société I. R. privée des chemins de fer du sud de l'Autriche, à Vienne. — Dessins d'appareils pour un système d'intercommunication télégraphique. (Voir classe 64.)

Mayrhofer, à Vienne, Burggasse, 51. — Appareil pneumatique pour scrutin parlementaire ou autre. (Voir classes 26, 66.)

Schick, à Vienne, Börsenplatz, 1. — Télégraphe imprimant de Hughes pour transmissions doubles et multiples (deux systèmes).

SUISSE.

Fabrique de télégraphes et appareils électriques à Neuchâtel, directeur M. Hipp. — Régulateur astronomique; horloges sympathiques; chronographe à bandes, chronographe à cylindre; releveur; chronoscope; horloge-type; cadrans électriques; pendule à demi-seconde. Appareil enregistreur. Installation de bureau télégraphique avec appareil Morse. (Voir classe 26.)

Hasler et Escher, atelier des télégraphes, à Berne. — Appareils télégraphiques, système suisse, avec leurs accessoires. Appareils de campagne. Héliostats. Limnigraphe. Limnimètre télégraphique. Horloges électriques. Chronographes. Instruments enregistreurs météorologiques.

BELGIQUE.

De Vos, à Bruxelles, rue des Croisades. — Appareils de télégraphie; sonneries et signaux électriques; parafoudres.

Pavoux et Cᵉ, à Molenbeck-Saint-Jean-lez-Bruxelles, rue Delaunoy, 14. — Isolateurs pour le télégraphe, en caoutchouc durci.

GRÈCE.

Gravenger. — Appareil électrique de nouvelle invention.

PORTUGAL.

Direction générale des télégraphes du royaume. — Appareils de télégraphie.

PAYS-BAS.

Kerkwijk (**J. J. van**), conseiller du Gouvernement pour la télégraphie, à La Haye. — Histoire de la télégraphie électro-magnétique dans les Pays-Bas, en langue hollandaise.

Mills (M. A.), fabricant à Amsterdam. — Encre pour transmission autographique par la télégraphie.

Ministère du Waterstaat, du Commerce et de l'Industrie, à La Haye :

a. Rapport présenté au roi, sur la situation et le trafic des télégraphes néerlandais pendant les gestions 1872 à 1876. — Ces rapports contiennent entre autres la statistique de l'accroissement du nombre des bureaux télégraphiques, soit de l'État, soit des sociétés privées; de la longueur des lignes et des fils télégraphiques, du nombre des employés, des appareils, des télégrammes transmis, ainsi que des recettes et des frais de construction et d'exploitation pendant une période de cinq ans.

b. Description des appareils, des bureaux télégraphiques et des lignes des Pays-Bas, avec un atlas de planches.

c. Manuel technique à l'usage des élèves télégraphistes, avec planches.

d. manuel de télégraphie technique à l'usage des employés du service des postes, avec planches.

e. Description du télégraphe imprimeur de Hughes, avec planches.

f. Manuel pour la pratique du télégraphe imprimeur de Hughes, avec planches.

g. Le télégraphe imprimeur Hughes, par l'inspecteur J. M. Collette.

h. Carte des lignes et bureaux télégraphiques des Pays-Bas, 1877.

ITALIE.

Direction générale des télégraphes. — *Matériel de ligne.* Isolateurs, modèle italien nº 1, pour les lignes principales, dont un avec bras

en fer battu; isolateurs, modèle italien n° 2, pour les lignes secondaires, dont un avec bras en fer battu; isolateurs, modèle n° 3, pour l'entrée des fils dans les postes télégraphiques; isolateurs, modèle n° 5, pour relier des fils de ligne avec les câbles des tunnels et des fleuves; paratonnerre Siemens; quatre spécimens de fils conducteurs de fer avec soudure.

Matériel des postes télégraphiques. — Table en fer fondu complète; six éléments de la pile italienne; photographie de la table et de la pile italienne; un rhéostat de dérivation pour réduire la sensibilité d'une boussole à mille tours à 1/10 et à 1/100; un paratonnerre pour protéger les appareils dans les postes.

Cartes et dessins. — Une carte des lignes télégraphiques italiennes, avec un tableau représentant les fils actuels des grandes communications intérieures et internationales; deux tableaux de dessins du matériel et des outils pour les constructions et la manutention des lignes; un exemplaire de la première partie technique du guide; tableau graphique du développement de la télégraphie italienne de 1862 à 1867.

Postes sémaphoriques. — Appareil sémaphorique complet; carte des postes sémaphoriques italiens; album des parties dont se compose l'appareil sémaphorique italien, avec un tableau des dessins du même album et une description; photographie de l'appareil sémaphorique; tableau des drapeaux des puissances maritimes pour les postes sémaphoriques; tableaux des signaux pour la correspondance des postes sémaphoriques entre eux.

Hydrographie. — Carte hydrographique des lignes sous-marines de l'administration; trois cartes de sondages faits par le bateau à vapeur de la marine royale *Luni*, pour le choix de la pose du câble sous-marin à travers le continent italien et la Sardaigne.

Luchesini, à Florence. — Deux appareils télégraphiques imprimant.

Serra Carpi, à Rome. — Modification du télégraphe Morse avec un nouveau relais.

Compagnie des nouveaux chemins de fer romains. — Déchargeur d'électricité atmosphérique; appareil télégraphique système Morse; avertisseur électrique destiné à mettre en communication les voyageurs avec le personnel de service du train.

Sommatis di Mombello, à Florence. — Manipulateur neutralisateur pour câbles sous-marins et lignes aériennes de grande longueur.

Castelli, à Trévise. — Manipulateur et distributeur spécial pour le service télégraphique; indicateur et avertisseur téléautomatique des convois de chemins de fer, pour prévenir les accidents; pile électrique Castelli.

Meardi et Zélaschi, à Voghera. — Fermeture électrique; tableau électrique électrographique,

Compagnie des chemins de fer de la Haute-Italie. — Tableau électro-magnétique de contrôle des change-voies à 2 ou 3 directions.

Battocchi, à Vérone, — Paratonnerre complet.

Granaglia, à Turin. — Cordes métalliques pour tractions de poids, pour transmission et direction des paratonnerres.



Ministère de la marine. — Compte-tours électrique pour machine et télégraphe électrique, pour machine (système Buzzone).

Pardon, chef de la télégraphie des chemins de fer de la Haute-Italie, à Milan. — Deux appareils Morse à induction; récepteur électrique à cadran de $0^m.20$, à l'usage du poste télégraphique; récepteur électrique à cadran de $0^m.60$, à l'usage des stations; cadran de 1 mètre, avec moteur électrique.

Vianisi (marquis), inspecteur des télégraphes à Messine. — Appareils de transmission spéciaux des signes télégraphiques de l'alphabet Morse, pour la transmission simultauée en sens inverse sur un fil télégraphique d'une longueur n'excédant pas 250 kilomètres; deux appareils de transmission automatique fonctionnant au moyen d'une pile locale pour la transmission simultanée applicables aux systèmes Morse, Hughes et Phelps, sur des fils télégraphiques de n'importe quelle longueur, jusqu'à la distance ordinaire à laquelle on correspond directement et pour la translation au delà de ces distances (brochure illustrative).

Roncalli Antonio, à Bergame. — Machine à voter électro-magnétique, destinée à recueillir les votes tant secrets que publics des assemblées délibérantes.

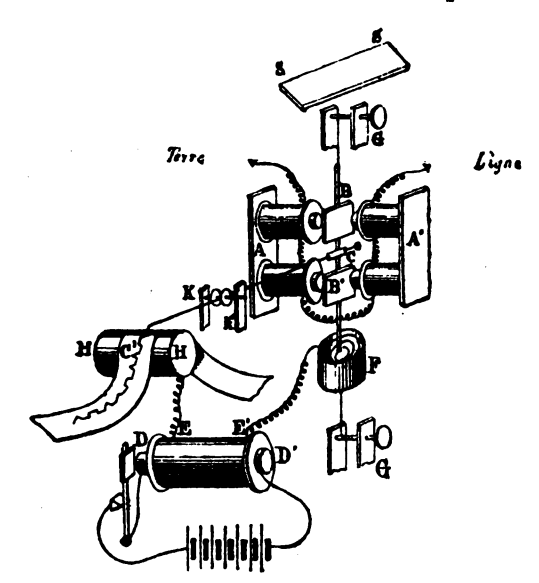
RÉCEPTEUR ÉCRIVANT DE M. AILHAUD

POUR LA TRANSMISSION SUR LES LIGNES SOUS-MARINES.

Les courants employés sur les lignes sous-marines étant très-faibles, la force électro-magnétique du récepteur n'est pas suffisante pour vaincre l'inertie des organes servant habituellement à l'enregistrement, et en particulier le frottement de la bande de papier contre l'encreur.

On sait comment sir William Thomson a éludé cette difficulté dans la construction de son *Syphon-Recorder*. M. Ailhaud vient d'imaginer un petit appareil qui remplit le même but.

Deux électro-aimants A et A′ sont disposés comme



l'indique la figure ; deux petits aimants B et B′ sont en présence des fers doux.

Ils sont portés par une tige en aluminium, terminée à sa partie inférieure par une pointe en fer qui plonge dans du mercure contenu dans une cuvette en fer F. Au centre de la tige, qui est maintenue verticale par des fils de cocon s'enroulant sur deux petits treuils G, G', est fixée une longue tige indicatrice en aluminium très-mince CC'. Le passage du courant de ligne dans les électro-aimants met donc cette tige en mouvement d'un côté ou de l'autre, suivant le sens du courant envoyé.

L'enregistrement s'opère par l'action de l'étincelle d'induction sur une bande de papier chimique : l'extrémité C' de la tige indicative se promène sur cette bande, qui, en regard de la pointe C', appuie sur un cylindre métallique HH'.

La bobine inductrice DD', munie de son trembleur, est actionnée par une pile à grande surface. Les deux extrémités de la bobine induite EE' arrivent, l'une à la cuvette de mercure, l'autre à la pièce HH'. Quand le trembleur est en action, il se produit ainsi une étincelle continue entre la pointe C' et la bande de papier, et, la pointe ne touchant pas la bande, il en résulte qu'il n'y a pas de frottement et que la tige a ses mouvements complétement libres. Deux arrêts K et K', qui limitent les écarts de ces mouvements, et un aimant directeur SS complètent l'ensemble des dispositions.

Ce récepteur fonctionne très-bien avec un circuit local comprenant un élément Callaud et dix mille ohms de résistance.

Il marche sur le câble d'Alger à Marseille avec cinq éléments. Le papier chimique est imprégné d'une solu-ion d'iodure de potassium amidonnée.

TRANSMISSION DOUBLE SANS CONDENSATEURS

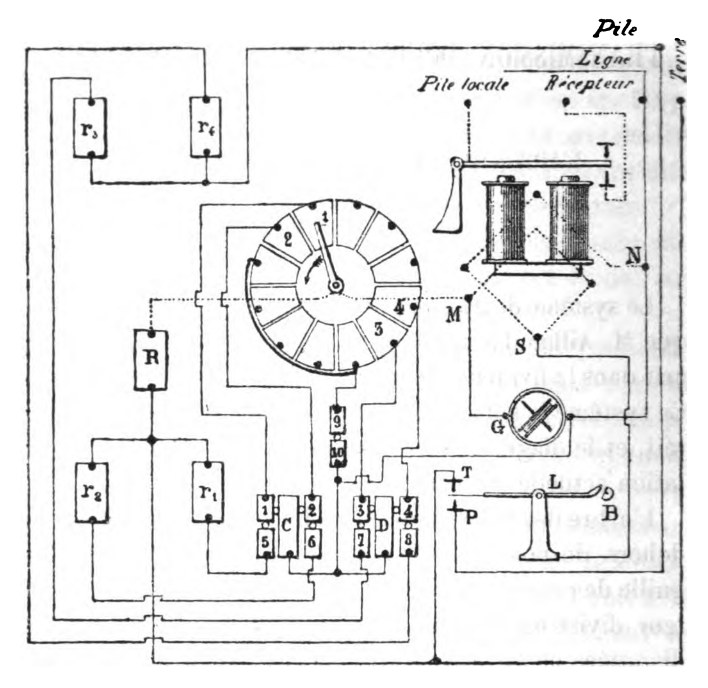
APPLIQUÉE

A L'APPAREIL HUGHES (SYSTÈME AILHAUD).

Le système de transmission double sans condensateurs, que M. Ailhaud a appliqué à l'appareil Hughes, a été décrit dans la livraison des *Annales* de janvier-février 1878. Ce système a subi depuis quelques modifications de détail, et le diagramme ci-dessous fait comprendre l'installation actuelle des communications.

L'arbre des cames, qui est prolongé de 2 centimètres en dehors du pont extérieur, porte une came B et une aiguille de contact A, parcourant la surface d'un distributeur divisé en douze secteurs. Ces différentes pièces sont disposées de façon à ne pas gêner le déroulement de la bande de papier.

A chaque rotation de l'axe imprimeur, la nouvelle came B agit sur le levier L, qui oscille entre les vis T et P de terre et de pile. Ce levier remplace le levier du chariot, lequel est supprimé tout à fait dans la nouvelle disposition : le levier L est relié au point de bifurcation S des deux fils du relais différentiel. L'aiguille A, qui fait partie du massif de l'appareil, est reliée, d'une part, à la sortie M de l'un de ces fils, et, d'autre part, au rhéostat R destiné à la compensation de la résistance de la ligne ; la sortie N de l'autre fil du relais aboutit directement à la ligne. Le galvanomètre à miroir G, servant au réglage, est placé en pont entre les bouts M et N des deux fils du relais.



Les douze secteurs du distributeur sont destinés, les uns à la compensation de la charge, les autres à la compensation de la décharge. Leur répartition varie suivant que la compensation des effets statiques de la ligne exige une série plus ou moins prolongée de courants d'intensité décroissante. Dans la figure, les secteurs 1 et 2 sont destinés à la compensation de charge ; les secteurs 3 et 4 à celle de décharge ; les autres secteurs sont isolés. Les secteurs 1 et 2, pour la compensation de charge, sont reliés respectivement aux blocs 1 et 2 du commutateur C à quatre directions, lesquels peuvent être mis en communication par des chevilles avec les blocs 5 et 6 reliés à la terre par l'intermédiaire de rhéostats r_1 et r_2.

De même, les secteurs de décharge 3 et 4 sont reliés

respectivement aux blocs 3 et 4 du commutateur D, lesquels peuvent être mis en communication par des chevilles avec les blocs 7 et 8, reliés à la pile par l'intermédiaire des rhéostats r_3 et r_4.

Les cinq secteurs compris entre les secteurs (1, 2), de charge et les secteurs (3, 4) de décharge, sont reliés au bloc 9 d'un interrupteur. Le bloc 10 de cet interrupteur, ainsi que les traverses C et D des deux commutateurs de charge et de décharge communiquent ensemble à la borne du galvanomètre, côté de la ligne. L'interrupteur 9-10 sert à établir ou à supprimer un court-circuit reliant les deux bornes du galvanomètre, et qu'on utilise pour le réglage.

Le fonctionnement du système est facile à saisir : l'aiguille A est calée sur l'axe, de telle sorte qu'elle commence à passer sur le secteur 1 de charge, un peu avant le moment où la came B presse sur le levier L, de manière à commencer l'émission. L'aiguille est donc sur le secteur 1 au moment où s'effectue cette émission. A ce moment, le courant qui va sur la ligne est augmenté par la charge, mais le courant local qui va à la terre à travers la résistance R, figurant la ligne artificielle, trouve une dérivation par l'aiguille A, le secteur 1, les blocs 1 et 5 du commutateur C réunis par une cheville, et le rhéostat r_1. En réglant convenablement cette dérivation, on peut faire en sorte que l'accroissement d'intensité qu'elle produit compense l'accroissement d'intensité que produit sur le courant de ligne l'effet de la charge, pendant l'intervalle de temps correspondant au passage de l'aiguille sur le secteur 1. Pendant le temps que l'aiguille passe sur le secteur 2, l'effet de la charge sur le courant de ligne se continue, mais plus affaibli ; le courant local trouve alors une dérivation par les blocs 2

et 6 reliés par la cheville, et la compensation s'effectue encore en réglant convenablement le rhéostat r_2. Pendant le reste de l'émission, l'aiguille parcourt des secteurs isolés, et le courant local traverse simplement la résistance R de la ligne artificielle, qui correspond au passage sur la ligne du courant normal.

L'aiguille arrive sur le secteur 3 de décharge au moment où cesse l'émission ; la décharge de la ligne, pendant le passage de l'aiguille sur le secteur 3, est compensée par le courant de la pile qui arrive à l'aiguille A après avoir passé par le rhéostat r_3 et les blocs 7 et 3 du commutateur D, et traverse le relais différentiel en sens inverse du courant de décharge ; enfin, dans la seconde partie de la décharge, l'aiguille passe sur le secteur 4, et le courant compensateur local passe par le rhéostat et les blocs 8 et 4. La compensation de la décharge s'effectuera évidemment par un réglage convenable des rhéostats r_3 et r_4.

Si la charge et la décharge se prolongeaient davantage, on obtiendrait la compensation par des dispositions analogues en augmentant le nombre des secteurs consacrés à la charge et à la décharge et en ajoutant les commutateurs et rhéostats nécessaires.

En pratique, le réglage s'effectue comme il suit : on commence par enlever les chevilles de tous les commutateurs, puis on fait tourner l'arbre à la main, de manière à ce que le levier reste sur contact : la déviation permanente du galvanomètre G est due alors conséquemment au courant normal ; on le neutralise en réglant la résistance R de la ligne artificielle.

Puis on procède au réglage des rhéostats pour la compensation de la charge et de la décharge. Pour cela, on commence par mettre le galvanomètre en dehors du cir-

cuit, en établissant une dérivation sans résistance entre ses deux bornes par l'introduction des chevilles entre les blocs 1 et 2 et la traverse du commutateur C, entre les blocs 3 et 4 et la traverse du commutateur D, et entre les blocs 9 et 10 de l'interrupteur. Ces communications bien établies, le galvanomètre à miroir ne doit pas dévier. Ce point vérifié, on enlève la cheville qui réunissait le bloc 1 à la traverse C, et on la place entre 1 et 5. Le galvanomètre reste alors continuellement en court circuit, sauf pendant le passage de l'aiguille sur le secteur 1; la déviation du miroir tiendra uniquement à l'effet de la charge pendant cet intervalle de temps; cet effet sera détruit si on règle le rhéostat r_1 de manière à ce que l'aiguille reste immobile.

On règle de même la résistance r_2 en enlevant la cheville qui réunissait le bloc 2 à la traverse C, et la plaçant entre les blocs 2 et 6.

On reconnaîtra ensuite que la compensation totale de charge est suffisante, et qu'il est inutile d'y consacrer d'autres secteurs, si en enlevant la cheville de l'interrupteur 9-10, le galvanomètre à miroir continue à rester immobile. Le galvanomètre, en effet, se trouve alors dans le circuit pendant tout le temps de la charge et du courant normal, et est dérivé par un court circuit pendant la durée de la décharge.

On procède de la même manière au réglage de la compensation de décharge. On supprime le court circuit du galvanomètre pendant le passage de l'aiguille sur le secteur 3, en enlevant la cheville qui reliait le bloc 3 à la traverse D, et la plaçant entre les blocs 3 et 7; la déviation du galvanomètre ne peut tenir qu'à la décharge pendant le temps du passage de l'aiguille sur le secteur 3, et on la détruit en réglant r_3, de manière que le

galvanomètre revienne au zéro. Enfin r_4 se règle d'une façon analogue en retirant la cheville qui reliait le bloc 4 à la traverse D, et la plaçant entre les blocs 4 et 8.

En résumé, pendant la transmission, les chevilles sont placées dans les trous 1—5, 2—6, 3—7, 4— 8, et retirées de tous les autres.

La pile est composée d'éléments à grande surface, de telle sorte que sa résistance intérieure soit relativement petite et qu'elle présente une grande constance.

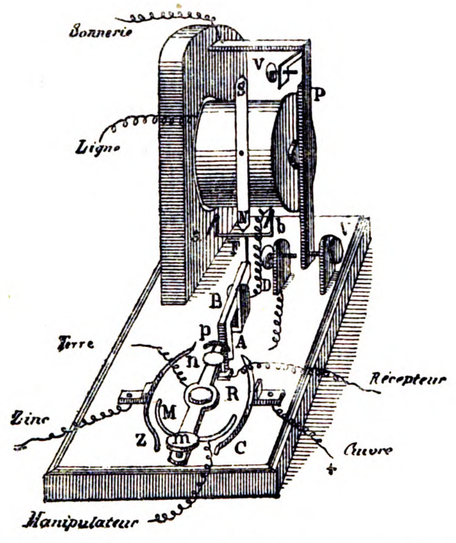
MANDROUX,
Agent spécial à Paris.

INDICATEUR D'APPEL A EFFETS MULTIPLES

ET INVERSEUR DE M. JUDET.

L'indicateur d'appel imaginé par M. Judet, chef du bureau de Saint-Amand, sert en même temps de galvanomètre et de relais de sonnerie.

Cet appareil est placé au poste principal et permet de reconnaître celui des deux postes secondaires qui appelle. L'aiguille aimantée SN, extérieure à la bobine,



est déviée à droite ou à gauche, suivant que le poste qui appelle est celui qui emploie le courant positif ou celui qui emploie le courant négatif. L'aiguille déviée rencon-

tre l'un des deux butoirs de fer doux *a* et *b* portés par la fourchette F, et reste adhérente contre lui quand le courant cesse de passer. La déviation de l'aiguille indique donc d'une façon permanente le poste qui a appelé. La fourchette est mobile, et il suffit de soulever le levier B pour écarter les butoirs et rendre à l'aiguille sa liberté.

La bobine est une bobine de parleur ordinaire : quand le courant passe, la palette P est attirée par le noyau de la bobine et ferme le circuit de la sonnerie par son contact avec le butoir D. V, V sont deux vis de réglage.

L'appareil est complété par l'inverseur placé sur le socle; cet inverseur se compose d'un disque circulaire en bois muni de trois ressorts Z, C et M, et d'une manette *mnp*, mobile autour de son centre. Chacun des ressorts latéraux Z, C, communique avec un pôle de la pile. Le troisième ressort M, qui est *ondulé*, est relié au manipulateur. La manette est métallique et porte deux fortes goupilles en cuivre *m* et *n* : la première *m* peut s'engager avec pression entre le ressort ondulé et l'un des ressorts latéraux; elle est isolée du reste de la manette. La seconde *n* communique métalliquement avec le massif de la manette, lequel est relié à la terre; elle peut venir presser contre les ressorts latéraux. Il est clair que suivant qu'on tournera la manette à doite ou à gauche, ce sera le pôle zinc qui sera à la terre et le pôle cuivre qui ira au manipulateur, ou l'inverse qui aura lieu.

Dans la position de repos, le circuit n'est pas fermé; il n'y a donc pas consommation inutile de la pile.

Pour relier les mouvements de la fourchette de l'indicateur à ceux de la manette de l'inverseur, l'extrémité *p* de celle-ci presse, à l'état de repos, contre le bras A du

levier coudé AB, qui porte la fourchette F. On rompt ainsi le contact électrique du levier A avec le bloc R, qui est relié au récepteur, et la pression exercée contre A amène en même temps les butoirs de la fourchette sur la trajectoire de l'extrémité N de l'aiguille.

Le courant venant de la ligne traverse la bobine, arrive au support du levier B, et va à la terre par la manette métallique.

Quand on veut répondre, il suffit de tourner l'extrémité *p* de la manette du côté de la déviation de l'aiguille. Un ressort qui presse contre A fait soulever le levier B, la fourchette s'abaisse, et les butoirs s'éloignant de l'aiguille, celle-ci est dégagée; le bras A vient s'appuyer contre le contact R, et la ligne se trouve par suite en communication avec le récepteur; enfin, du même coup, les communications des pôles de la pile avec le manipulateur et la terre se trouvent établies de façon à pouvoir travailler avec le pôle voulu.

DU TÉLÉPHONE

ET DES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES QUI S'Y RATTACHENT.

(Extrait d'un mémoire de M. W. H. Preece, publié par le *Philosophical Magazine*.)

Le téléphone est, pour les physiciens, un instrument de recherche très-précieux : c'est le plus délicat de tous les instruments propres à l'étude des courants électriques, et son emploi a permis de vérifier la présence de courants dont on soupçonnait seulement l'existence. C'est même l'extrême sensibilité de cet instrument qui nuit à son adoption générale.

I. — *Le téléphone générateur d'électricité.*

Si un anneau conducteur en cuivre fermé et fixe entoure un pôle d'un aimant permanent et qu'on approche ou qu'on éloigne de ce pôle une armature de fer mobile, l'anneau sera parcouru par un courant dont la direction changera avec le sens du mouvement de l'armature et dont l'intensité variera proportionnellement à la vitesse de ce mouvement. C'est ce qui se passera si cette armature vibre sous l'influence d'un son, quoique les mouvements de va et vient d'un point de l'armature soient si faibles qu'il est fort difficile de les observer. On sait qu'il n'y a pas de son sans vibrations, que ce sont là deux phénomènes concomitants et inséparables. Le son résulte des vibrations de l'air, lesquelles sont produites

à leur tour par les vibrations de la matière qui est en contact avec l'air. L'amplitude des vibrations des particules d'air n'a jamais été mesurée, bien qu'on ait pu déterminer rigoureusement la longueur d'une onde sonore, qui est une quantité bien différente. Lord Rayleigh a démontré qu'une amplitude de un dix millionième de centimètre seulement suffit pour produire des vibrations sonores. Mais ces vibrations d'amplitude si petite sont animées d'une très-grande vitesse : elles engendrent dans l'anneau des courants dont le nombre dépend du nombre des vibrations, et dont la forme et l'intensité dépendent de la vitesse et de l'amplitude du mouvement du disque mobile. Ces courants sont alternatifs et si rapides que nul autre instrument que le téléphone ne peut les indiquer. On peut cependant les observer avec le galvanomètre réflecteur de Thomson, en pressant le disque avec le doigt doucement et lentement : on observe le courant dans une direction en appuyant sur le disque, et dans la direction contraire en laissant le disque revenir en arrière. L'intensité de ces courants n'a pu être mesurée, faute d'étalon assez petit auquel on puisse les comparer. Ils sont certainement inférieurs à la millionième partie du courant habituellement employé pour la transmission. M.Brough a calculé que le plus fort des courants qui font fonctionner un téléphone n'excède pas un cent millionième de l'unité centimètre-gramme-seconde, ou Weber; et M. Pierce, de Boston, trouve que l'on obtient des effets pareils avec une force électromotrice inférieure à un deux cent millième de Volt ou d'élément Daniell.

Le téléphone fournit donc une source d'électricité propre à la production de courants d'intensité microscopique, dont la forme, la durée et l'intensité varient avec le mouvement du corps qui les produit.

II. — *Le téléphone indicateur de courants.*

Considérons un noyau de fer doux entouré d'un conducteur fermé, traversé par des courants. Ce noyau s'aimantera et son intensité magnétique dépendra uniquement de l'intensité des courants; l'intensité magnétique à un moment quelconque sera une fonction de l'intensité du courant à ce même moment, de sorte que si le courant augmente ou diminue dans un certain rapport, et avec une certaine vitesse, l'intensité magnétique augmentera ou diminuera dans le même rapport et avec la même vitesse.

En regard du noyau est placé un disque élastique en fer qui peut se déplacer des deux côtés d'un axe invariable: ce disque de fer sera attiré à chaque instant avec une force qui dépendra de l'intensité magnétique du noyau, et comme il est élastique, il reprendra ou tendra à reprendre sa position normale chaque fois que cette intensité magnétique cessera ou diminuera. De cette manière, si l'intensité magnétique varie, la force d'attraction varie aussi, et la vitesse de mouvement du disque varie également. D'où il résulte que le disque suivra exactement les variations des courants; et comme les courants reçus sont le résultat des variations des vibrations d'un autre disque, le disque considéré ne fera simplement que répéter exactement les vibrations de l'autre disque. C'est ainsi que les sons sont reproduits.

Dans les premiers appareils, la bobine entourait un appendice polaire en fer doux, mais depuis on a supprimé cet appendice, et la bobine entoure le pôle même de l'aimant. Ce changement n'a rien enlevé à la sensibilité de l'instrument, qui a de plus l'avantage d'être

parfaitement réversible, puisqu'il sert aussi bien à la transmission qu'à la réception, à parler qu'à entendre.

III. — *Fonctionnement du téléphone.*

On constate une différence remarquable dans la façon dont les différentes voix agissent sur le téléphone. Il n'est pas utile de crier. L'intonation doit être claire, l'articulation distincte, et l'on doit parler un peu en chantant. J'ai pu entendre la voix de M. Willmot, un des électriciens du Post-office, à travers des résistances qui étouffaient d'autres voix. Les sons voyelles sont toujours ceux qui arrivent le mieux ; les sons venant du palais *c*, *g*, *j*, *k* et *q* arrivent le plus mal, et sont très-souvent perdus. L'oreille exige également une certaine éducation, et la faculté d'entendre varie d'une façon remarquable avec les différentes oreilles et les différentes personnes.

Le chant s'entend toujours avec une netteté remarquable ; et les sons d'un instrument à vent (comme le cornet ou le bugle) sont reproduits avec une intensité surprenante.

Les sons d'un bugle dont on jouait à Londres ont été entendus distinctement au grand marché au blé de Basingstoke par un millier de personnes. Cela tient à la régularité et au renforcement de l'amplitude des ondes sonores, et par conséquent à la régularité, à l'uniformité et à l'accroissement d'intensité des courants électriques.

IV. — *Perfectionnements.*

Toute personne qui a eu un téléphone à sa disposition a cherché un moyen d'augmenter la puissance de cet instrument.

Je me garderai d'énumérer toutes les expériences que

j'ai faites dans ce but; aucune n'a réussi. M. Willmot, un des premiers, a cru pouvoir amplifier les courants sortants, en augmentant le nombre des diaphragmes, des bobines et des aimants actionnés simultanément et en réunissant toutes ces bobines en série; mais il a reconnu que, quand l'appareil fonctionnait bien, l'effet de déplacement de chaque diaphragme diminuait avec leur nombre et que le résultat final était le même qu'avec un seul diaphragme.

L'instrument de M. Willmot a été construit en octobre dernier; M. Trouvé, de Paris, semble avoir eu la même idée.

Tous les changements qu'on a pu faire en augmentant ou en variant les dimensions, la forme et la puissance de l'aimant, n'ont donné que peu ou point de résultats sensibles, car dans tous les cas l'effet résultant paraît être resté toujours le même.

On obtient le plus grand effet en se servant d'un aimant en forme de fer à cheval; et c'est encore une des plus anciennes formes imaginées par M. Bell. Dans ce cas on a deux bobines qui utilisent le nombre maximum des lignes de force, et les résultats obtenus sont encore les plus remarquables que j'ai observés.

A Southampton, dans une petite salle, sept ou huit personnes ont pu entendre à la fois et distinctement la voix de M. Willmot qui se trouvait à Londres. J'ai construit un instrument avec l'aimant le plus grand et le plus puissant que j'ai pu trouver, et le résultat a été aussi peu satisfaisant que dans les cas précédents. Il est donc certain que le téléphone, tel que M. Bell l'a présenté en Angleterre, offre à peu près sa forme théorique la plus parfaite.

V. — *Applications.*

Si faibles et si instantanés que puissent être les courants, le téléphone les décèle avec une grande exactitude, ce que ne pourrait faire aucun des galvanomètres ou galvanoscopes connus. Il convient admirablement pour indiquer l'existence des courants induits dans les bobines ou les spires contiguës. Si une spire est traversée par des courants de sens contraires ou intermittents, tandis que l'autre spire est éloignée graduellement, il est facile de remarquer combien l'effet diminue rapidement à mesure que la distance augmente; le téléphone montre d'une façon remarquable tous les phénomènes de l'induction magnéto-électrique. Il remplace aussi admirablement le galvanoscope placé dans la diagonale du pont de Wheatstone quand on veut essayer des fils de courte longueur ; il pourra probablement servir à reconnaître l'égalité de deux conducteurs avec une approximation plus grande que celle qui a été obtenue jusqu'ici; il permet aussi de régler les condensateurs avec une grande précision.

M. Niaudet, de Paris, a fait voir qu'il peut être utilisé pour dévoiler la présence de courants extrêmement faibles provenant de sources électriques douteuses. Si l'on fait passer rapidement dans un des deux fils d'une bobine à double enroulement des courants venant de la source supposée, et qu'on relie un téléphone au second fil enroulé parallèlement au premier, le téléphone mettra leur présence en évidence, ce qui serait impossible avec tout autre instrument.

VI. *Conséquences et résultats.*

Le téléphone condamne l'opinion que le fer exige un certain temps pour s'aimanter et se désaimanter. Si l'aimantation n'était pas instantanée, les notes seraient ou changées ou perdues; mais elles ne sont pas altérées. La notion de ce temps est due à l'action de l'induction dans les fils enroulés sur bobines, action qui produit une réaction et des extra-courants. On le prouve en intercalant dans un circuit téléphonique un électro-aimant ou des bobines de fil. Tandis qu'il est possible de causer à travers un câble de 100 milles de longueur élongé dans la mer, il est impossible de causer à travers un câble de 20 milles de longueur lové dans une cuve.

Sa grande sensibilité a permis de constater la présence de courants dans les fils voisins de fils qui travaillent, phénomène que l'on avait toujours soupçonné, mais qu'on n'avait pu constater que sur des fils placés côte à côte sur les mêmes poteaux pendant un parcours assez long (200 milles, par exemple) ou dans des câbles bien isolés.

Jusqu'ici, avec les appareils les plus délicats, il n'avait pas été possible de constater la présence de ces courants d'induction dans les lignes souterraines de petite longueur; mais le téléphone est actionné par ces courants alors même que les fils ne suivent des routes parallèles que sur des longueurs de quelques pieds seulement. Ainsi, au General Post-Office, il a été impossible de causer avec le téléphone à travers un fil, d'un étage à un autre, par suite de la présence de ces courants d'induction venant des nombreux fils environnants qui travaillaient; et de même il est impossible d'entendre les sons à tra-

vers quelques-uns des conduits souterrains placés dans les rues de Londres, quand les fils sont occupés.

M. Marson a placé à côté l'un de l'autre deux fils de gutta-percha de petites dimensions et d'un pied de longueur; quand des courants traversaient l'un de ces fils on distinguait parfaitement les courants d'induction dans un téléphone relié à l'autre fil.

Cette induction de fil à fil a été, en réalité, le plus grand obstacle à l'introduction de l'appareil dans la pratique.

Sur les lignes souterraines, on peut y remédier de trois manières, savoir :

1° En augmentant l'intensité des courants transmis de façon à ce qu'ils soient bien plus intenses que les courants induits, et en diminuant la sensibilité de l'appareil récepteur, de manière qu'il soit insensible aux courants induits, tout en obéissant aux courants téléphoniques;

2° En préservant le fil de l'influence de l'induction;

3° En neutralisant les effets de l'induction.

1. M. Edison a résolu en partie le premier problème; mais les résultats qu'il a obtenus, tout en permettant d'espérer, ne sont pas encore pratiques.

2. Je suis parvenu à préserver le fil de l'influence de l'induction de la manière suivante : 1 est un fil desservi par le téléphone et 2 est un fil télégraphique ordinaire voisin du premier.

Interposons entre les deux fils un écran métallique ou de toute autre substance conductrice, lequel communique avec la terre; l'induction ne pourra pas s'exercer au delà de cet écran. D'où il résulte que si l'on entoure un des fils d'une enveloppe ou armature métallique, ou si on le

plonge dans l'eau, tous les effets de l'induction cesseront entre 1 et 2. Dans l'eau, ils ne seront pas complétement éliminés, car l'eau est un très-mauvais conducteur; mais ils seront très-réduits par son influence, et les expériences que j'ai faites entre Manchester et Liverpool, et entre Dublin et Holyhead, ont démontré que si l'eau ou l'enveloppe humide des fils eût été un conducteur parfait, ces effets auraient été supprimés.

3. Ces effets peuvent être neutralisés à l'aide d'un fil de retour, remplaçant la terre.

Si 1 et 2 sont deux fils placés parallèlement l'un à côté de l'autre, les courants induits par les fils voisins sur l'un d'eux seront neutralisés par les courants induits sur l'autre; mais c'est supposer ou que les fils qui apportent les perturbations sont à une distance infinie de 1 et 2, ou que 1 et 2 sont infiniment rapprochés l'un de l'autre. On a essayé d'employer des fils de retour sur les poteaux existants, dans les câbles ou dans les fils souterrains; mais on n'a pas réussi à écarter les effets de l'induction; M. Bell cependant a réalisé à peu près les conditions indiquées et obtenu de bons résultats avec un simple fil de gutta-percha à deux conducteurs.

L'extrême sensibilité du téléphone l'expose à des perturbations d'un autre genre, celles provenant des dérivations.

Les fils sur les poteaux sont supportés par des isolateurs de verre, de porcelaine ou de terre cuite; mais le meilleur de ces isolateurs ne vaut pas grand chose par les temps humides. Les courants s'échappent du fil par la surface de l'isolateur et passent dans les circuits téléphoniques; et un circuit téléphonique qui fonctionne très-bien par un temps sec, devient absolument impraticable par un temps humide.

Les mauvaises terres sont encore une autre source de dérangements. Il est presque impossible d'avoir une communication parfaite à la terre. Il y a toujours à ce point du circuit une certaine résistance ; de sorte que si deux fils aboutissent à la même plaque de terre, et que l'un de ces fils soit un fil télégraphique ordinaire et l'autre un fil téléphonique, il est certain que les courants du premier de ces fils passeront dans le second et gêneront le téléphone. On remédie à ce dérangement par l'emploi d'un fil de retour.

Il y a encore d'autres causes spéciales de perturbation : les courants de terre, qui existent toujours sur les fils, produisent un bruit particulier, semblable à celui que produit le courant d'une pile à un seul liquide comme les piles de Smée ou de Leclanché, et qui rappelle le bruit d'un jet d'eau qui se brise.

Ces effets viennent de la polarisation de la plaque de terre, de même que les sons produits par le courant d'une pile sont dus à la polarisation de la plaque négative. Pendant les aurores boréales, ces courants sont très-puissants et les sons deviennent très-intenses. Les effets des orages sont remarquables : un éclair, même assez éloigné pour qu'on ne puisse le voir, produit un son, et s'il est assez rapproché, il produit, selon le docteur Channing, de Providence, un son pareil au bruit que fait une goutte de métal fondu en tombant dans l'eau, ou au bruit d'une fusée dans le lointain.

Le docteur Channing ajoute qu'on entend le son avant d'avoir vu l'éclair, ce qui prouve l'existence dans l'air d'un effet d'induction antérieur à la décharge. Le téléphone devient ainsi un avertisseur de l'approche d'un orage. Quelquefois on entend un son plaintif, que j'attribue au mouvement de balancement des fils, mouve-

ment qui leur fait couper les lignes de force magnétique de la terre. On conçoit aisément que ces vibrations puissent se succéder suivant un rythme capable de produire des notes musicales.

On entend toujours des sons sur les fils; et chaque changement dans la température ou l'état électrique de l'atmosphère est enregistré par cet instrument.

La dilatation du diaphragme de fer, sous l'influence du souffle chaud et humide, au premier moment où l'on porte le téléphone à la bouche pour parler, est très-facile à remarquer, et produit un léger bruissement.

Aussitôt après l'introduction du téléphone, on s'est empressé d'examiner comment il se comporterait sur les câbles sous-marins. On installa un téléphone à Guernesey, et M. Willmot se rendit à Darmouth. Ces deux points sont reliés par un câble de 60 milles de longueur. On échangea des paroles, et l'articulation était parfaite, quoique légèrement voilée. Ce fut une surprise, car on pensait que l'influence retardatrice de l'induction statique dans le câble aurait empêché l'articulation en allongeant les ondes électriques.

Grâce à l'obligeance de MM. Latimer Clark, Muirhead et C°, j'ai pu répéter ces expériences sur un câble atlantique artificiel construit pour l'installation du duplex sur le câble direct des États-Unis.

M. Willmot était placé à une des extrémités du câble, moi à l'autre; nous avons pu causer sans aucune difficulté à travers un circuit de 100 milles de longueur, bien que l'effet de l'induction se fit encore sentir. Au delà de 100 milles jusqu'à 150 milles, les sons devenaient assez voilés pour gêner sérieusement la conversation et ils perdaient beaucoup de leur intensité.

A 200 milles les sons diminuaient rapidement, et au

delà on ne distinguait plus l'articulation, mais le chant s'entendait encore distinctement.

Il est vrai qu'on a pu entendre chanter d'une extrémité à l'autre du câble entier qui avait 3,000 milles de longueur; mais j'attribue cet effet à une cause secondaire, qui serait l'induction de condensateur à condensateur. Néanmoins, il est certain que le chant peut être entendu à une bien plus grande distance que la parole, parce que les ondes électriques se succèdent avec une régularité beaucoup plus grande.

Plus tard, j'ai continué mes expériences sur les fils souterrains de Manchester à Liverpool, sur une distance de 30 milles, et j'ai causé sans aucune difficulté.

Ensuite, entre Dublin et Holyhead, qui sont reliés par un câble de 67 milles de longueur, nous avons pu causer facilement, et le chant arrivait avec une intensité et un effet remarquables. Ce câble se compose de sept conducteurs distincts. Quand on se servait de l'un de ces conducteurs pour le téléphone, on entendait les sons sur chacun des autres, mais faiblement.

Quand les autres fils étaient occupés par des transmissions télégraphiques ordinaires, l'induction se faisait sentir, mais elle n'était pas assez intense pour arrêter la conversation. Chaque fil devait être entouré d'une couche de chanvre humide, mais cette enveloppe n'avait pas une conductibilité suffisante pour faire complétement office d'écran, au point de vue des effets de l'induction. On obtint les mêmes résultats sur le câble de Manchester à Liverpool qui contient sept fils entourés d'une enveloppe extérieure de chanvre goudronné.

Ma conclusion est qu'avec l'appareil tel qu'il est construit aujourd'hui on peut converser à travers un câble à un seul conducteur de 200 milles de longueur; il est

difficile de prédire ce qu'on pourra obtenir avec de nouveaux appareils.

Ce résultat surprenant est facile à expliquer.

Si la membrane du téléphone transmetteur est poussée en avant par une vibration sonore, elle engendrera dans la bobine un courant positif qui, s'écoulant sur la ligne, traversera la bobine du récepteur et attirera la membrane de ce dernier. L'effet de l'induction sera alors de retarder ou prolonger l'effet du courant émis; mais la membrane du récepteur, en vibrant, produit elle-même un courant de sens contraire au premier; et celui-ci neutralise le prolongement dû à l'induction et contribue ainsi à décharger la ligne pour le signal suivant, qui suit exactement la même route. Il en résulte que les vibrations du second disque tendent à engendrer des courants qui diminuent matériellement les effets de l'induction, et permettent ainsi de causer à des distances plus grandes qu'on ne l'aurait supposé de prime abord.

On a démontré de différentes manières l'extrême sensibilité de l'instrument de Bell. Ainsi, on lit dans une lettre de M. Edison, datée du 25 novembre dernier :

« J'ai construit deux téléphones qui fonctionnent à
« l'aide de diaphragmes en cuivre, d'après le principe
« du disque de cuivre tournant d'Arago. Je trouve que
« dans le téléphone de Bell un diaphragme de cuivre
« peut remplacer le fer. Le cuivre doit avoir 1/32 de
« pouce d'épaisseur. Le son est très-grave quand le dia-
« phragme est en cuivre dans les deux appareils; mais
« si le diaphragme du récepteur est en fer et celui du
« transmetteur en cuivre on pourra très-bien converser. »

J'ai répété ces expériences, mais l'effet était si faible qu'on le distinguait à peine, et quoique ce résultat pré-

sente un grand intérêt au point de vue scientifique, il n'a aucune importance pratique.

M. James Blyth, de son côté, a répété également l'expérience, et il a reconnu que le bois, le papier et le caoutchouc produisent des effets semblables. Ces effets sont dus sans doute à ce que les corps diamagnétiques exercent sur les corps magnétiques une influence semblable, quoique plus faible, en changeant la direction des lignes de force magnétique.

Enfin, j'ai pu communiquer distinctement et facilement avec des téléphones qui n'avaient aucune espèce d'aimant permanent et le noyau de la bobine était en fer doux, mais cela vient probablement de ce que le fer n'était pas très-pur et avait conservé du magnétisme résiduel.

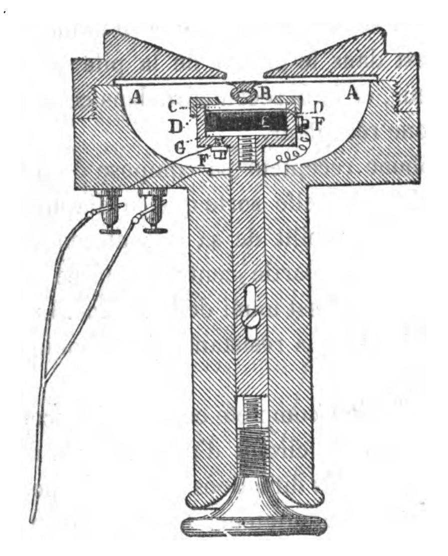
Le docteur Blake, de Boston, a pu également communiquer avec un téléphone dont le noyau était un morceau de fer doux placé dans la direction de l'aiguille d'inclinaison.

LE TÉLÉPHONE A CHARBON D'EDISON.

On sait que le téléphone d'Edison repose sur la possibilité de faire éprouver à un courant de pile des variations d'intensité proportionnelles aux variations du son dans la voix. L'expérience a montré que le charbon, convenablement préparé, jouissait de la propriété remarquable d'avoir une résistance électrique variant proportionnellement à la pression. Si alors une membrane vibrante exerce des pressions variables sur un disque de charbon faisant partie d'un circuit électrique, la résistance du disque, et par suite l'intensité du courant, subiront des variations proportionnelles.

La figure montre la construction du téléphone d'Edison. Le disque de charbon comprimé, représenté par la partie noire E, est tenu entre les deux plaques de platine D et G, lesquelles sont reliées au circuit de la pile par les vis platinées F, F. Le charbon et les deux plaques sont fixés sur une pièce à coulisse qui peut glisser le long du manche de l'instrument, de sorte qu'à l'aide d'une vis placée à l'extrémité inférieure de ce manche, on peut rapprocher ou éloigner le charbon de la membrane vibrante de fer AA. Les vibrations de cette membrane sont transmises au charbon par l'intermédiaire d'un petit morceau de tube en caoutchouc B fixé au centre de cette membrane, et qui presse contre la plaque d'ivoire C posée directement sur la plaque supérieure de platine D. Tout mouvement du diaphragme est donc ac-

compagné d'une pression correspondante sur le charbon et d'un changement dans la résistance électrique de ce dernier. Un électro-aimant muni d'un diaphragme de fer convenablement disposé sert de récepteur.



Pour le charbon, la forme d'un disque ou pain fait avec du noir de fumée comprimé paraît la plus convenable.

M. Edison a fait subir différentes modifications à cet instrument : il a substitué des ressorts en spirale à la section de tube en caoutchouc placée sous le diaphragme, les modifications que le caoutchouc subit ne permettant pas à l'instrument de conserver son réglage. Puis, pour se débarrasser du son métallique désagréable émis par le ressort, il choisit des ressorts plus courts et plus forts : finalement il supprima le ressort, interposa une substance solide entre le charbon et le diaphragme, et donna à ce dernier une épaisseur telle que ses vibrations, sous

l'influence des sons les plus forts, n'étaient plus appréciables. Il constata alors que l'articulation était nette et qu'on pouvait facilement transmettre une conversation à voix basse.

M. Edison se sert d'une bobine d'induction dont le fil primaire est dans le circuit de la pile et du téléphone transmetteur, et le fil secondaire dans celui de la ligne et du téléphone récepteur.

Le téléphone récepteur se compose d'un aimant deux fois recourbé, de telle sorte que le diaphragme puisse être fixé par un point de sa circonférence sur l'un des pôles et avoir sa partie centrale placée au-dessus de l'autre pôle, lequel est muni de la bobine. Le diaphragme est donc polarisé : la résistance de la bobine est d'environ 75 ohms.

Une installation complète comprend encore un relais polarisé fermant le circuit d'une sonnerie d'appel et un commutateur à trois directions : dans la position (1) de la manette du commutateur, le téléphone transmetteur et la pile sont séparés de la bobine d'induction et l'appareil est prêt à recevoir dans la sonnerie les appels du correspondant; dans la position (2), la pile est reliée à la ligne à travers la bobine d'induction, et l'appareil peut alors envoyer un signal d'appel; enfin, dans la position (3), le transmetteur est introduit dans le circuit de la pile et de la bobine d'induction, et le circuit téléphonique se trouve établi entre les deux stations pour les communications articulées.

M. Edison a imaginé plusieurs moyens d'appel très-ingénieux. Le plus simple consiste à placer le téléphone récepteur, quand on ne s'en sert pas, sur un support à fourche et avec son embouchure tournée en haut. Sur la membrane vient alors reposer le bout coudé verticalement

d'un levier horizontal, articulé par son autre bout sur la tige verticale qui soutient la fourche. Quand la membrane vibre, elle vient donner contre le levier une série de petits coups, qui le font rebondir sur la surface vibrante, et les vibrations sont alors assez amplifiées pour être entendues à quelque distance de l'instrument. C'est une application de l'expérience bien connue dans laquelle on rend sensibles les vibrations d'une cloche en verre en approchant des petites boules suspendues.

M. Edison propose aussi l'emploi de diapasons synchrones : un électro-aimant est placé dans le circuit de la ligne à chacune des stations correspondantes, et, en regard de ses pôles, se trouve l'une des branches d'un diapason en acier aimanté. Si à l'une des stations on fait vibrer le diapason par des moyens mécaniques ou électriques, la branche qui est en regard de l'électro-aimant induira dans les bobines un courant électrique vibratoire qui, traversant la ligne et l'électro-aimant de la station correspondante, fera vibrer synchroniquement le diapason de celle-ci ; et, comme ce dernier reçoit des impulsions attractives égales à intervalles réguliers, l'amplitude de ces vibrations ira en croissant, jusqu'à ce que l'autre branche du diapason vienne frapper contre un timbre et donner ainsi le signal d'appel.

On peut remplacer les diapasons par des pendules métalliques aimantés et synchrones, placés en regard des électro-aimants. Quand un des pendules oscille devant l'électro-aimant, il développe un courant vibratoire qui met l'autre pendule en mouvement et le porte contre un timbre. Dans ce cas, comme dans le précédent, le poste qui appelle a soin d'écarter son propre timbre.

M. Edison pense qu'on pourrait substituer des courants électro-statiques aux courants voltaïques ou magnétiques.

La ligne serait reliée à ses deux extrémités à un électrophore chargé ou à l'un des pôles d'une pile sèche d'un très-grand nombre de disques. En regard du plateau de l'électrophore ou du second pôle de la pile serait placée une membrane métallique reliée à la terre et encastrée dans une embouchure. La membrane, en s'approchant ou en s'éloignant du plateau fortement chargé d'électricité statique ou du pôle de la pile déterminerait, à la station correspondante, des perturbations électriques susceptibles de reproduire les sons.

Il a songé aussi à la construction d'un téléphone thermo-électrique. Ce serait un diaphragme de vulcanite placé en regard d'une pile thermo-électrique très-sensible mise dans le circuit du téléphone récepteur. M. Edison dit avoir constaté que la température du diaphragme, pendant qu'il vibre, est plus basse dans le mouvement direct que dans le mouvement rétrograde. Il espère construire un téléphone fondé sur ces variations de température qui produiraient des variations correspondantes dans le courant thermo-électrique traversant le téléphone récepteur à l'autre station.

Avant d'arriver au téléphone à charbon, M. Edison avait fait plusieurs essais fort ingénieux, ayant pour but de réaliser un circuit électrique dont la résistance pût varier en raison inverse de l'amplitude des vibrations du diaphragme. Dans l'une de ces dispositions, le diaphragme transmet ses vibrations par l'intermédiaire d'une section de tube en caoutchouc à une lame élastique, fixée par une de ses extrémités sur le premier bloc d'une série rectiligne de blocs de cuivre reliés entre eux par des bobines de résistance. A l'état de repos, la lame fait un petit angle avec la ligne des blocs; cet angle diminue quand l'amplitude de la vibration augmente et la

lame, venant s'appliquer contre les blocs, établit une dérivation en court circuit comprenant un nombre de bobines d'autant plus grand que la vibration est plus grande. Les vibrations du diaphragme introduisent donc dans le circuit un certain nombre de bobines, et par suite la résistance totale du circuit varie avec l'amplitude des vibrations.

Les bobines de résistance du transmetteur font partie du circuit du fil primaire d'une bobine d'induction et de la pile, et le fil secondaire est relié à la ligne et à la terre. M. Edison dit que cet instrument a pu transmettre l'articulation, mais que les sons étaient rudes et désagréables. Il est clair, en effet, que la variation de résistance se fait par sauts brusques chaque fois qu'une bobine est introduite ou supprimée dans le circuit; et, dès lors, les variations délicates qui constituent la parole articulée ne sont pas reproduites, si les variations de résistance électrique qui leur correspondent sont comprises entre la variation déterminée par l'introduction d'une des bobines dans le circuit et celle déterminée par sa suppression; en d'autres termes, les variations de la voix sont représentées graphiquement par une courbe ondulatoire s'élevant et s'abaissant graduellement, tandis que, dans ce téléphone, les variations seraient représentées par une série d'échelons.

Le téléphone à eau est une autre disposition dans laquelle on obtient la variation de résistance en fixant au diaphragme un fil courbé en forme d'U renversé, dont les branches plongent plus ou moins profondément dans deux vases contenant de l'eau. Chaque vase est traversé à sa partie inférieure par une petite vis : l'une des vis est reliée à la ligne, l'autre à la pile, dont le second pôle est à la terre. La communication entre l'eau des deux

vases étant établie par le fil courbé, les colonnes liquides comprises entre chaque vis et l'extrémité de la branche correspondante du fil et par suite la résistance qu'elles introduisent dans le circuit varieront quand le diaphragme vibrera, et il en résultera un courant ondulatoire qui traversera la ligne et le téléphone récepteur de la station correspondante.

La première idée de ce rhéostat à eau semble due à M. Yeates de Dublin, qui, en plaçant une goutte d'eau entre les contacts du transmetteur de Reiss, avait réussi à produire un courant ondulatoire susceptible de transmettre quelques sons articulés.

(*Engineering.*)

LE TÉLÉPHONE A MERCURE.

Le téléphone à mercure de M. A. Bréguet est fondé sur le principe de l'électromètre capillaire de M. Lippmann.

La pointe d'un tube capillaire T, contenant du mercure M, plonge dans un vase V. Dans ce vase se trouve une couche de mercure M′, surmontée d'eau acidulée A, de façon que la pointe capillaire ne pénètre pas dans la couche de mercure, mais seulement dans l'eau acidulée.

Deux fils de platine P et Q communiquent respectivement avec le mercure M et le mercure M′.

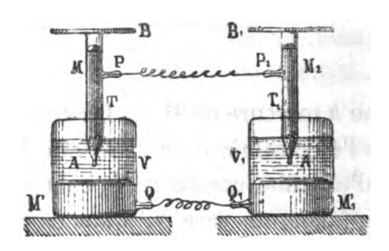
Si ces deux fils sont réunis entre eux, le niveau du mercure dans le tube capillaire s'établira à une hauteur invariable. Mais, si l'on interpose dans le circuit des fils de platine une source électrique, le niveau prendra une autre position d'équilibre dépendant du potentiel de cette source.

En résumé, à chaque différence de potentiel correspondra un niveau déterminé de la surface inférieure du mercure. Au-dessus du mercure M, on trouve une masse d'air S dont la pression variera évidemment toutes les fois que le niveau du mercure variera lui-même.

Cet appareil est reversible, c'est-à-dire que si, par une modification de la pression en S, le niveau du mercure subit un déplacement, une différence de potentiel ou, en d'autres termes, une force électromotrice s'établira dans les deux conducteurs P et Q.

On accouple maintenant ensemble deux appareils semblables, en faisant communiquer les fils P et P_1, Q et Q_1,

ainsi que le montre la figure. Si on exerce une pression en S, une force électromotrice dépendant de la valeur de cette pression prendra naissance dans le circuit, et



cette force électromotrice produira un changement dans le niveau du mercure M_1 du second appareil. La pression en S_1 y sera par conséquent modifiée.

En s'appuyant sur ces phénomènes, on peut réaliser un télégraphe et en particulier un téléphone.

Si l'on parle au-dessus du tube T, l'air contenu dans ce tube entre en vibration. Ces vibrations sont communiquées au mercure qui les traduit en variations de force électromotrice, et ces variations engendrent dans l'appareil récepteur des vibrations exactement correspondantes de la masse d'air S_1, de sorte que, si l'oreille se trouve placée au-dessus du tube T_1, on entendra toutes les paroles prononcées dans le tube T.

Au lieu de profiter des déplacements du mercure, on peut profiter des déplacements de son enveloppe de verre qui présente moins de masse que lui. Le rapport des deux masses attirantes ou attirées doit être aussi différent que possible, afin de considérer l'une des deux masses comme immobile, et par conséquent l'autre masse comme animée d'un déplacement maximum.

Si donc on veut entendre par l'enveloppe de verre, la masse de celle-ci doit être négligeable par rapport à la

masse du mercure. Si l'on veut écouter au moyen du mercure, le rapport des masses doit être renversé.

Diverses formes ont été données à cet appareil pour le rendre portatif. La plus simple consiste en un tube de verre fin de quelques centimètres de longueur contenant des gouttes alternées de mercure et d'eau acidulée, de façon à constituer autant d'éléments électro-capillaires associés en tension. Les deux extrémités du tube sont fermées à la lampe, mais laissent pourtant un fil de platine prendre contact, de chaque côté, sur la goutte de mercure la plus voisine. Une rondelle de sapin mince est fixée normalement au tube par son centre, et permet ainsi d'avoir une surface de quelque étendue à s'appliquer sur la coquille de l'oreille, quand l'appareil est récepteur, et de fournir au tube une plus grande quantité de mouvement sous l'influence de la voix, quand l'appareil est transmetteur.

M. Bréguet insiste sur les avantages que présenterait l'application des appareils à mercure à la téléphonie et même à la télégraphie en général. On sait que sir Charles Wheatstone a imaginé un relais à mercure reposant sur des principes analogues à ceux de l'électromètre à mercure. Ce relais est extrêmement sensible, et fonctionne très-bien en local; mais, essayé sur le câble d'Alger, il a été constaté que le mercure ne revenait pas assez rapidement à la position du repos. Nous ne pensons pas d'ailleurs que l'influence perturbatrice de la résistance d'une longue ligne avec les instruments à mercure soit aussi faible que semble le croire M. Bréguet, et que ces appareils permettent de substituer des conducteurs d'acier aux conducteurs de cuivre en usage dans les longs câbles.

LE MICROPHONE TRANSMETTEUR.

Suivant M. Hughes, certaines substances conductrices non homogènes, introduites dans le circuit d'une pile, jouissent de la propriété de convertir les vibrations sonores en courants électriques ondulatoires, au moyen desquels on peut non-seulement transmettre des notes et des paroles articulées à un téléphone éloigné et placé dans le circuit, mais même amplifier, au point de les rendre éclatants, des sons si faibles que, sans ce moyen, on ne les entendrait pas.

Cette découverte donne le moyen de construire des instruments qui sont à l'oreille ce que les lentilles et les microscopes sont aux yeux; elle constitue en même temps, comme transmetteur téléphonique, un perfectionnement du téléphone de Bell, en transmettant les sons articulés avec plus de force et plus de netteté. L'appareil est de la plus extrême simplicité : quelques pointes de Paris, quelques bâtons de charbon de bois, un ou deux tubes contenant des poudres, un peu de cire à cacheter et quelques morceaux de bois, et le premier venu peut, en quelques minutes, construire un microphone, que l'on peut substituer avantageusement comme transmetteur au téléphone de Bell, lequel continue à être utilisé seulement comme récepteur.

On sait que les sons entendus dans un téléphone sont produits par la vibration de la plaque métallique ou dia-

phragme : cette plaque est mise en mouvement par les variations d'intensité magnétique produites, dans l'aimant permanent placé derrière elle, par un courant électrique traversant les bobines et dont l'intensité varie continuellement et proportionnellement au mouvement du diaphragme de la station correspondante. Ce n'est pas le courant seul qui produit ces résultats, mais la nature ondulatoire ou constamment variable de ce courant. Si, à la station correspondante, on substitue au téléphone un simple élément de pile voltaïque, on entendra un bruit sec chaque fois que le circuit sera fermé ou rompu ; et si l'on répète cette opération avec une vitesse grande et uniforme, par exemple en se servant d'un diapason comme interrupteur, on entendra une note musicale dans le téléphone. Une disposition encore plus simple consiste à établir et à rompre la communication avec la batterie en promenant un fil métallique pointu le long d'une lime ; il se produit à l'autre extrémité un bruit strident assez fort pour être entendu dans une grande pièce.

Le rappel ou avertisseur téléphonique de M. Cooke a été établi sur ce principe ; un ressort léger presse contre la circonférence d'une roue à dents très-fines ; le ressort et la roue font partie du circuit du fil de ligne et d'une petite pile ; un seul tour de roue produit à l'autre extrémité un bruit strident qui appelle l'attention, sans qu'il soit besoin ni d'une sonnerie, ni d'un second fil.

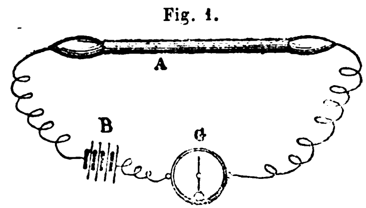
Si, au lieu de rompre et de rétablir le courant entre une pile et un téléphone, ce qui produit un bruit sec, on change brusquement la résistance du circuit ou de la pile, le son que rend le téléphone est d'une nature différente ; il est plus prolongé et plus variable. Cette variation du courant, produite par une variation de résistance,

est la base de la découverte de M. Hughes (*). Il observa que si un fil transmettant un courant de pile à travers un téléphone vient à être brusquement rompu, il se produit un bruit sec dans le téléphone; mais que, si le fil, au lieu d'être brusquement rompu, est soumis à une tension de nature à déterminer une séparation entre ses molécules, on entend une sorte de murmure préliminaire ou grincement avant que la rupture se produise, et ce phénomène l'a mis sur la voie des résultats importants auxquels il est arrivé.

Ce grincement tient sans doute à l'étirage des fibres constitutives du fil métallique qui commencent à céder et à frotter l'une contre l'autre, produisant ainsi une variation de résistance assez analogue à celle du fil métallique promené sur la surface d'une lime dont nous venons de parler.

La *fig.* 1 représente une des expériences du professeur Hughes, très-intéressante comme démonstration de ce que nous croyons être la véritable explication de ces phénomènes.

Fig. 1.



A est un tube de verre rempli du mélange d'étain et de zinc en poudre, connu dans le commerce sous le nom de *bronze blanc;* cette poudre est légèrement comprimée par deux bouchons de charbon de gaz introduits aux deux bouts et auxquels sont attachés des fils métalliques ayant dans leur circuit une pile B et le galvanomètre G. Ces bouchons sont cimentés

(*) C'est sur le même principe que M. Edison a déjà établi son téléphone à courant de pile et son relais à pression. (Voir *Annales*, t. IV, p. 543, 550, 559.)

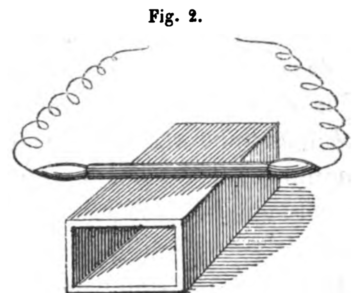
dans les bouts par une couche de cire à cacheter qui les recouvre. Lorsqu'on prend ce tube par les deux bouts et qu'on le soumet à une tension en tirant les deux extrémités en sens contraires, dans la direction de la longueur, l'aiguille du galvanomètre dévie d'un côté; si l'on pousse les deux extrémités l'une vers l'autre, de manière à opérer une compression, l'aiguille du galvanomètre dévie aussitôt du côté opposé. Dans ce dernier cas, les parcelles métalliques très-divisées, qui forment le contenu du tube, sont mises par la compression en contact plus intime, tandis qu'elles sont écartées quand on exerce une traction; la résistance du circuit varie de façon à augmenter l'intensité du courant pendant la compression et à la diminuer pendant la traction.

Cette expérience seule serait un remarquable exemple de la sensibilité merveilleuse du téléphone pour déceler de faibles variations de l'électricité; car il est à peine possible de concevoir le faible accroissement qui a lieu dans la longueur ou la capacité d'un tube de verre d'environ 3 pouces de long, quand on l'étire avec les doigts. Mais il y a plus : la sensibilité de ce système est telle qu'il peut recueillir des vibrations sonores, entrer lui-même en vibration sous leur influence et transmettre alors par un fil électrique, à un téléphone éloigné, des courants ondulatoires capables de faire reproduire par ce téléphone tous les sons qui leur ont donné naissance et même avec une perfection plus grande que celle que l'on obtiendrait en se servant d'un téléphone comme transmetteur. En fixant un de ces tubes à une petite caisse de résonnance, comme dans la *fig.* 2, M. Hughes, a réalisé le plus simple des téléphones électriques articulants.

C'est un tube de verre rempli d'une poudre dont la

conductibilité électrique change quand la compression varie ; des fils partent des deux bouts, et ce petit appareil est fixé avec de la cire à cacheter sur une petite caisse ouverte d'un côté, qui sert d'embouchure à l'instrument ; les fils sont reliés à un téléphone Bell et une pile de trois petits éléments Daniell est placée dans le circuit.

Fig. 2.



Les sons sont si intenses qu'il est possible de chanter dans un appareil et d'entendre en même temps dans un autre le chant transmis par la station correspondante. Cet arrangement duplex avec un seul circuit fonctionne parfaitement et les deux transmissions ne se contrarient nullement.

Lorsqu'on emploie, au lieu d'un tube, un bâton de charbon de bois pur, tel que le fusain dont se servent les artistes, on n'obtient aucun effet, parce que sa très-grande résistance en fait presque un corps isolant ; mais si on le chauffe jusqu'à l'incandescence et qu'on le plonge brusquement dans un bain de mercure, il s'imprègne de petites particules de ce métal ; et, dans cet état, on peut l'employer presque aussi utilement que le tube plein du mélange de poudre métallique. De même on peut se servir avec avantage de charbon imprégné de perchlorure de platine, soit sous forme de bâton, soit comme poudre contenue dans un tube.

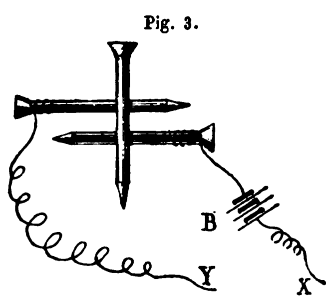
Le professeur Hughes a expérimenté diverses substances ; les résultats semblent démontrer que le conducteur employé, quel qu'il soit, ne doit pas être de nature homogène, si l'on veut qu'une augmentation ou une di-

minution de pression produisant une union plus ou moins intime entre ses particules conductrices, ait la propriété de faire varier l'intensité du courant transmis et de lui donner un caractère ondulatoire. Un tube contenant des grains de plomb propres manifestera ces phénomènes; mais au bout de quelque temps, il se forme un oxyde isolant à la surface de chaque grain et le tube cesse de conduire le courant. Peut-être pourrait-on remédier à ce défaut en entourant les grains de plomb d'un milieu non oxydant, tel que l'huile de naphte; mais on peut trouver des substances qui conviennent mieux que le plomb pour ces expériences.

Les pièces articulées qui forment les engins mécaniques, une petite chaîne mise en tas, agissent presque aussi efficacement que les substances citées. Dans ces cas spéciaux, les phénomènes tiennent probablement à ce que le courant électrique prend le caractère ondulatoire en parcourant un circuit contenant un certain nombre de défauts de continuité, dont les variations de résistance suivent les variations de la pression qui s'exerce contre les parties séparées de l'objet conducteur.

La *fig.* 3 représente la plus simple de ces combinaisons : deux pointes de Paris sont fixées sur une planche horizontale, à quelques millimètres l'une de l'autre; les fils X et Y sont attachés à ces clous et aboutissent à une pile B et à un téléphone, de telle sorte que les pointes forment l'unique interruption qui existe dans le circuit, et qu'on puisse fermer le circuit en plaçant transversalement sur les pointes un

Fig. 3.

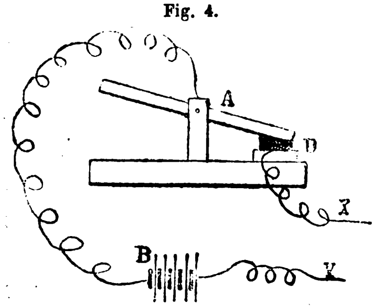


corps conducteur. Si l'on pose un troisième clou sur les deux autres, il est clair (puisqu'un cylindre ne peut toucher qu'en un seul point un autre cylindre dont l'axe n'est pas parallèle au sien) que le circuit électrique a une communication très-imparfaite aux points de contact des clous, et c'est à ce défaut de continuité qu'est due la sensibilité de cette disposition.

Si incroyable que cela puisse paraître, on obtient ainsi un téléphone articulant parfait, et les paroles dites ou les airs chantés à ce petit clou (qui sautille sans doute sur les deux autres par l'effet de l'articulation ou du chant) sont instantanément transmis à l'instrument récepteur à l'autre bout de la ligne, et cela avec une netteté et une force merveilleuses. L'effet produit est encore plus grand si l'on substitue aux pointes de Paris des crayons de charbon de gaz, et M. Hughes a fait cette découverte importante pour les constructeurs de relais télégraphiques et d'horloges électriques que, pour de très-légers contacts, le charbon donne une meilleure communication électrique que tout conducteur métallique.

Pour étudier l'influence de la pression sur les diverses substances essayées, M. Hughes emploie la petite pince représentée dans la *fig.* 4 : A est un petit barreau de laiton pouvant tourner autour du support C, fixé lui-même sur une planchette; la substance à essayer est placée entre les mâchoires en D, et la pression peut être augmentée ou diminuée en mettant des petits poids sur le barreau A d'un côté ou de l'autre de l'axe. Le bar-

Fig. 4.



reau est relié en C à la pile B, et la mâchoire inférieure communique avec le téléphone et la pile par les fils X et Y.

Il suffit, pour faire la comparaison, d'observer le bruit plus ou moins fort que produit dans le téléphone récepteur, le tic-tac d'une montre placée à différentes distances du transmetteur.

Des poudres et autres substances ont été expérimentées sous différentes pressions au moyen de cet instrument; M. Hughes a essayé aussi les pièces articulées telles que de petites parties de chaînes mises entre les mâchoires de manière à former un petit tas, et a vérifié que, sous une certaine pression, elles constituaient un téléphone articulant très-efficace; un bloc composé d'oxyde de fer noir en poudre gâché avec de la gomme transmet avec une grande perfection le tic-tac d'une montre.

La figure 5 représente le plus sensible des appareils

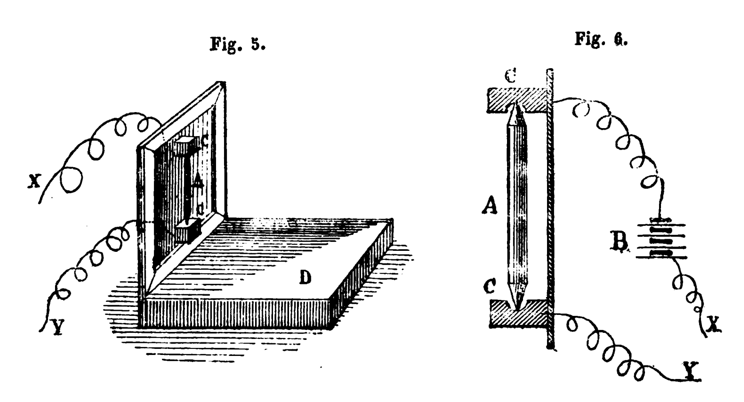


Fig. 5. Fig. 6.

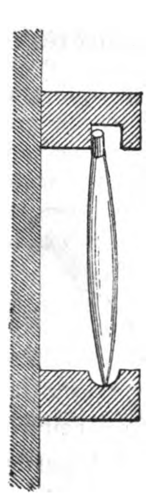
construits par M. Hughes. C'est tout simplement un petit crayon de charbon de gaz A (un charbon de lampe électrique), taillé en pointe aux deux bouts, et légèrement maintenu dans une position verticale (voir les détails à la figure 6) entre deux petites coupes creusées à

la surface des petits blocs de charbon CC. Ces blocs sont fixés sur une planchette sonore de peu d'épaisseur encastrée dans une tablette plus solide servant de support D. Les blocs CC sont reliés par les fils X et Y à la pile et au fil de ligne conduisant au téléphone. Cet appareil grossier est le plus délicat des instruments de physique. Non-seulement il reçoit et transmet la parole articulée avec une grande force et une grande netteté à une station éloignée, mais il décèle et convertit en sons bruyants les plus faibles vibrations. Le moindre coup, le plus faible attouchement sur la tablette du support produit dans le téléphone un grincement sonore; on entend très-bien la pointe d'un pinceau de poils de chameau très-fins, promenée doucement à la surface de la table sur laquelle l'instrument est placé. Enfin on distingue, même dans le téléphone récepteur placé à plusieurs milles de distance, la marche d'une petite mouche ordinaire parcourant la planchette D.

(*Extrait de l'*Engineering.)

Disposition actuelle du microphone.— Le microphone présenté à l'Académie des sciences, le 13 mai, par M. Du Moncel était ainsi construit : sur une même planchette verticale, de 6 centimètres de largeur environ, étaient adaptés l'un au-dessus de l'autre deux petits prismes de charbon de cornue de 1 centimètre d'épaisseur et de largeur, et de 18 millimètres de longueur, dans lesquels étaient percés l'un en dessus, l'autre en dessous, deux trous de 4 millimètres de diamètre, servant de crapaudines à un crayon de charbon taillé en pointe émoussée par les deux bouts et de 3 centimètres et demi de longueur. Ce crayon appuie par une de ses extrémités dans le trou du charbon inférieur et ballotte dans le trou su-

périeur, qui ne fait que le maintenir dans une position plus ou moins rapprochée de la position d'équilibre instable, c'est-à-dire de la verticale, comme le montre la figure. On obtient les meilleurs effets en employant des charbons qu'on a fait rougir et tremper ensuite dans un bain de mercure.



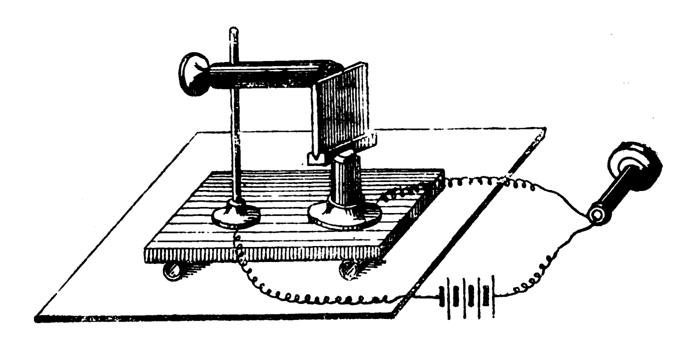
Les deux prismes sont munis de contacts métalliques, qui permettent de les mettre en rapport avec un circuit comprenant un téléphone ordinaire et une pile Leclanché de 3 ou 4 éléments.

Pour faire usage de l'appareil, on place la planche sur laquelle est fixée rectangulairement la planchette servant de support au système, sur une table, en ayant soin d'interposer entre celle-ci et la planche plusieurs doubles d'étoffe de manière à former un coussin et à la soustraire aux vibrations étrangères communiquées à la table.

En parlant devant ce système à voix peu élevée, on peut entendre au téléphone à 40 centimètres de l'oreille. La position du crayon de charbon doit être cependant réglée : il doit appuyer en un point du trou supérieur, mais l'expérience seule peut indiquer la meilleure position. Pour la trouver, on peut se servir d'une montre placée sur la planchette : on met le téléphone à l'oreille et on fait varier la position du crayon jusqu'à ce qu'on ait trouvé celle qui donne le maximum de son produit par le tic-tac de la montre. (*Comptes rendus.*)

Microphone de M. Gaiffe. — M. Gaiffe substitue au crayon de charbon une plaque très-mince de la mêm

matière de forme rectangulaire : cette plaque, placée verticalement, est taillée en forme de biseau sur l'arête inférieure qui repose sur une rainure taillée dans une règle



de charbon, laquelle est encastrée dans une garniture de cuivre fixée sur une planchette. En regard de la partie supérieure de la plaque, se trouve un cylindre de charbon horizontal adapté dans une garniture de cuivre qui peut se mouvoir le long d'une colonne métallique. La plaque de charbon appuie simplement contre ce cylindre. Des tubes de caoutchouc sont interposés entre le support de l'appareil et la table sur laquelle on le pose.

M. Hughes a exposé le plan de ses recherches et les résultats auxquels il a été conduit dans deux mémoires présentés l'un à la Société Royale de Londres, l'autre à la Société de physique, que nous reproduisons presque *in extenso* :

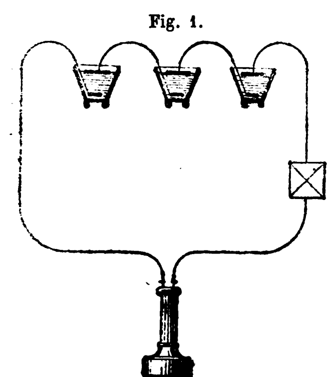
1° *Des variations produites dans l'intensité d'un courant électrique par l'action des vibrations sonores* (*Mémoire présenté à la Société Royale*).

Le téléphone m'a servi à étudier l'effet des vibrations sonores sur les propriétés électriques de la matière. Willoughby

Smith a démontré que la résistance du sélénium est influencée par la lumière, et, d'après Börnstein, bien d'autres corps subissent une action analogue. On sait aussi que la résistance de tous les corps est influencée par la chaleur. Sir William Thomson et d'autres ont prouvé que la résistance offerte par des fils au passage des courants dépend des tensions auxquelles on les soumet, et, comme la propagation des vibrations sonores amène de rapides variations dans les tensions aux différents points d'un fil, la résistance d'un fil doit varier quand on s'en sert pour conduire des sons. Dans ce but, j'ai fait un téléphone grossier, avec un petit barreau aimanté de 4 pouces de long, la moitié d'une bobine d'électro-aimant ordinaire, et une plaque de fer de 3 pouces carrés, encastrée entre deux morceaux de bois en face d'un pôle de l'aimant. En me servant, comme source de son, du tic-tac d'une petite montre ou de la voix, je reconnus que cet arrangement me donnait un phonoscope très-sensible.

Toutes mes expériences ont été faites avec les moyens les plus simples; je me suis servi d'une pile Daniell, modèle Minotto : chaque élément était formé d'un grand verre à boire au fond duquel était placé un bout de fil de cuivre en spirale recouvert de sulfate de cuivre; le verre était rempli ensuite d'argile bien humectée d'eau, et sur celle-ci reposait un morceau de zinc; j'attachais des fils isolés à chaque plaque, je mettais en série trois de ces éléments, et je faisais un circuit fermé dans lequel se trouvait un téléphone servant de phonoscope pour déceler les variations du courant et rendre sensible le son qui en résultait. Les substances que j'expérimentais jouaient le rôle de transmetteur du téléphone parlant de Bell.

Fig. 1.



La figure 1, montre la disposition des expériences.

J'introduisis dans le circuit un fil tendu, en écoutant attentivement au téléphone pour percevoir les change-

ments qui se produisaient en faisant vibrer le fil par la parole ou en lui communiquant des vibrations transversales.

La tension fut augmentée graduellement jusqu'à la rupture: à ce moment seulement, j'obtins un résultat. C'était un bruit particulier, momentané, mais se produisant toujours au moment de la rupture. J'essayai alors de replacer le fil dans un état analogue à l'état où il devait se trouver au moment de la rupture, en rapprochant les bouts et les pressant l'un contre l'autre par l'application de poids. Je trouvai que, lorsque les bouts rompus reposaient l'un sur l'autre sous une faible pression, ne dépassant pas une once par pouce carré, les sons étaient reproduits distinctement, mais cependant d'une manière imparfaite.

Je reconnus ensuite qu'il n'était pas nécessaire de joindre les deux bouts du fil pour la reproduction du son, et qu'il suffisait de réunir par un conducteur électrique quelconque, posé en croix sur eux, les deux bouts placés près l'un de l'autre sur une table, quelle que fût la complication de la structure de ce conducteur, pourvu qu'il y eût dans ce conducteur électrique une ou plusieurs parties séparées et seulement mises en contact par une pression légère mais constante. Ainsi si les extrémités du fil sont reliées à deux clous ordinaires posés à côté l'un de l'autre, ne se touchant pas et mis en communication électrique par un troisième clou semblable posé en travers, le son est reproduit. J'obtins un effet encore meilleur en formant un carré avec dix ou vingt clous ; je réussis également avec une chaîne de montre en acier, mais je n'obtenais ainsi que la reproduction du son ou des grosses vibrations; je n'avais pas les inflexions plus délicates, c'est-à-dire le timbre de la voix, et je continuai mes recherches. J'eus un meilleur résultat en introduisant aux points de contact une poudre métallique, telle que la poudre blanche (mélange de zinc et d'étain) vendue dans le commerce sous le nom de *bronze blanc*, ou de la limaille métallique fine.

La parole articulée fut alors reproduite clairement et distinctement avec son *timbre;* il ne restait plus à trouver que la matière et la forme susceptibles de donner le maximum d'effet.

J'employai les modes les plus divers de pression et de con-

tact, un levier, un ressort, la pression dans un tube de verre cacheté, pendant qu'on exerçait une tension sur lui; les résultats furent les mêmes du moment que la pression restait la même; mais les résultats varièrent avec les matières employées. Tous les métaux cependant donnent des résultats identiques, si le métal est suffisamment divisé, et s'il ne s'oxyde pas au contact de l'air filtrant à travers la masse. Ainsi le platine et le mercure donnent des résultats excellents et invariables; tandis que le plomb, par l'oxydation qui se fait à sa surface, devient bientôt si résistant, qu'il ne peut plus guère servir. Une masse de petits grains de plomb brillants est très-sensible au son tant qu'elle est nette, mais le plomb se recouvre bientôt d'oxyde, et la sensibilité cesse. Le charbon convient très-bien parce que sa surface ne s'oxyde pas; mais le mercure, à l'état très-divisé, est le corps qui m'a donné jusqu'à présent les meilleurs résultats. Je prends un non-conducteur comparativement poreux, tel que le fusain dont se servent les artistes pour esquisser, je le chauffe peu à peu jusqu'au blanc et le plonge alors brusquement dans le mercure. Les vides des pores produits par ce brusque refroidissement se remplissent d'innombrables petites globules de mercure, qui se trouve ainsi dans un état très-divisé. J'ai essayé aussi du charbon platiné à l'aide du chlorure de platine. J'ai obtenu encore les mêmes effets avec du fusain chauffé à blanc dans un creuset de fer contenant de l'étain, du zinc ou d'autres métaux facilement vaporisables.

Le fusain est alors métallisé, et le métal est divisé en très-petites parcelles dans tous ses pores. Le fer lui-même paraît entrer dans les pores, lorsqu'on le chauffe à blanc, sans cependant se combiner chimiquement avec le charbon comme dans le graphite, et, de fait, j'ai obtenu quelques-uns de mes meilleurs résultats avec du fusain contenant du fer finement divisé.

Le charbon de sapin (quoique non-conducteur) acquiert cependant une grande conductibilité quand on le traite ainsi par le fer, et remplit alors très-bien le but.

J'appelle *transmetteur* une quelconque de ces préparations enfermée dans une boîte ou un tube de verre, et munie de fils servant à l'intercaler dans un circuit.

Reis a montré, en 1860, comment, par le mouvement d'un diaphragme, on pouvait transmettre des courants voltaïques intermittents en nombre égal à celui des ondes sonores qui frappent le diaphragme, et reproduire ainsi de la musique à distance en faisant vibrer un électro-aimant à l'unisson avec le diaphragme. Graham-Bell a prouvé que les vibrations de ce diaphragme en regard d'un électro-aimant polarisé pouvaient de même induire des courants électro-magnétiques correspondant en nombre, amplitude et forme, aux vibrations sonores et reproduire ainsi toutes les délicatesses de la voix humaine. Édison et d'autres ont produit des variations dans l'intensité d'un courant constant en faisant appuyer directement le diaphragme sur un conducteur élastique, tel que le charbon, le platine spongieux, etc., la variation de la pression exercée sur ces matières faisant varier la résistance du circuit, et par conséquent l'intensité du courant, Graham-Bell et d'autres ont reproduit le même effet, en faisant varier la force électromotrice du circuit par les vibrations du diaphragme. Dans mes expériences, le diaphragme a été complétement supprimé; je ne fais intervenir que les changements produits par l'action moléculaire, et les variations dans l'intensité des courants sont produits uniquement par l'effet direct des vibrations sonores.

J'ai trouvé que tout son, si faible qu'il soit, produit des vibrations qui se communiquent à la matière interposée dans le circuit électrique. Des sons qui échappent absolument à l'oreille humaine influencent la résistance des conducteurs dont j'ai parlé.

C'est sur ces faits que repose la construction de l'instrument que j'appelle le microphone et qui sert à amplifier les sons faibles.

Le microphone, tel qu'il est maintenant, consiste simplement en un morceau de charbon de gaz taillé en forme de losange, d'un pouce de long, d'un quart de pouce de large au centre, et d'un huitième de pouce d'épaisseur. La pointe inférieure repose comme un pivot sur un petit bloc du même charbon; la pointe supérieure, qui est arrondie, joue librement dans le trou d'un autre petit bloc de charbon semblable. Le losange se tient verticalement sur son support inférieur. Tout

le charbon de gaz a été trempé dans du mercure, comme je l'ai déjà indiqué; mais cela n'est pas absolument nécessaire. La forme de losange donnée au charbon n'a pas d'importance, pourvu que cette pièce soit assez légère pour donner par son propre poids un faible contact. Le charbon est employé de préférence à toute autre substance, parce que sa surface ne s'oxyde pas. Une surface de platine dans un état de grande division vaut autant, sinon plus, que le charbon mercuriel, mais elle est plus difficile à construire et plus coûteuse. J'en ai fait aussi de très-sensibles tout en fer.

Sous cette forme, le microphone permet de découvrir des sons très-faibles émis devant lui.

En écoutant au téléphone récepteur, on entend poser une épingle sur la table, ou l'enlever; on distingue la marche d'une mouche mise sur la table sous un verre, le battement du pouls, le tic-tac d'une montre, etc....

Ces effets sont certainement dus à une différence de pression aux divers points de contact, et le succès de l'expérience dépend du nombre de ces points de contact. Comment une onde peut-elle agir sur un conducteur de façon à influencer sa résistance électrique? On sait qu'une onde sonore est accompagnée de compressions et de raréfactions alternatives: si, dans une ligne de molécules, on isole la partie comprimée de la partie dilatée, chacune de ces parties éprouvera une variation dans sa résistance électrique. Dans un conducteur homogène de certaines dimensions, la diminution de résistance dans la partie comprimée sera compensée par l'accroissement de résistance dans la partie dilatée, et l'intensité du courant restera la même; mais si ce conducteur homogène est brisé de façon à former une série de petites subdivisions, sans cependant que la continuité électrique soit détruite, cette compensation d'effets n'existera plus, et la variation imprimée par les vibrations sonores aux dimensions de la masse du conducteur, et par suite à sa résistance électrique, deviendra sensible; car la longueur d'une portion du conducteur n'est plus alors qu'une fraction de la longueur d'une onde sonore.

Si l'on considère deux conducteurs séparés, joints seulement par contact, ce contact présente une certaine résistance. On peut faire diminuer cette résistance en augmentant la pres-

sion, car on met ainsi un plus grand nombre de points en contact ou on les rapproche d'une façon plus intime; mais si la pression que l'on exerce sur le contact reste constante, on ne peut obtenir un plus grand nombre de points de contact ou un rapprochement plus intime que par un gonflement des molécules ou par le mouvement des points de contact.

Supposons qu'une file de molécules au point de contact de petites masses conductrices présente, à l'état neutre, la disposi-

A. 

B. 

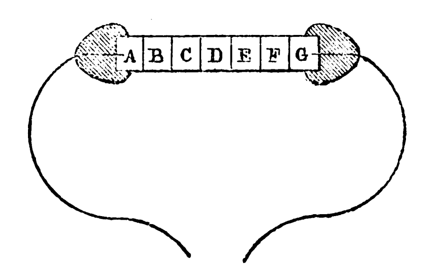
C. 

tion A; par la compression, elle présentera la disposition B; et par la dilatation, la disposition C. La résistance électrique sera plus petite dans un cas, et plus grande dans l'autre qu'à l'état normal. Mais si nous considérons une file de molécules perpendiculaire à celle-ci, l'effet produit sur la résistance électrique sera inverse : car à mesure que les molécules sont comprimées dans le sens horizontal, elles sont dilatées dans le sens vertical : les points de contact augmentent dans un cas, diminuent dans l'autre; en d'autres termes, dans le sens perpendiculaire, les molécules seraient en retard d'une demi-vibration et il y aurait interférence.

Or, c'est le contraire qui arrive et, plus il y a de contacts dans toutes les directions, plus le son est fort et pur. Il n'y a donc pas interférence, et par suite la masse entière doit éprouver des augmentations et des diminutions égales dans toutes les directions au même instant.

Comme preuve à l'appui, on prend un tube de verre, de 2 pouces de long et de 1/4 de pouce de diamètre. L'intérieur renferme des morceaux séparés de charbon de fusain, chacun de 1/4 de pouce de long, et le tube est fermé par deux bouchons de la même matière, reliés extérieurement avec la

ligne, et intérieurement avec les autres charbons. On fait en sorte que A exerce sur B, C, D, E, F et G une pression telle que la résistance que le tube présente au courant électrique soit le tiers de celle de la ligne sur laquelle on l'emploie. Le tube peut être fixé à une caisse de résonnance par les bouts A ou G. Si le résultat était simplement dû à des vibrations, A et B feraient leur contact maximum à un moment différent de F et G, et il y aurait interférence. S'il tenait à un simple



déplacement de B, C, D, E et F, il n'y aurait aucun changement, car si B presse plus fortement sur C, la pression diminuera entre A et B, et alors si le tube était fixé par son centre, on n'aurait aucun effet; mais si l'effet est dû à un gonflement ou un agrandissement de B, C, D, E et F, on n'observera aucune différence, quel que soit le point fixé à la caisse de résonnance, et c'est ce qui a lieu

Diminuons maintenant la pression de A sur B, etc., jusqu'à ce que les charbons ne soient plus en contact, on n'observera aucune trace de courant en secouant le tube.

Au moment où les vibrations sonores passent dans le tube, il y a donc un contact électrique bien établi, ce qui ne peut avoir lieu que si les molécules élargissent leur sphère sous l'influence des vibrations sonores.

Ce mémoire de M. Hughes a été discuté à la réunion de la Société des ingénieurs des télégraphes.

M. Preece a rendu compte des recherches du professeur Hughes.

M. Willoughby Smith ne pense pas que la véritable

explication de ces phénomènes consiste dans une modification moléculaire qu'éprouveraient les substances sous l'influence du son; il s'agit simplement d'une variation du courant produite par un contact imparfait interposé dans le circuit. Le microphone n'est qu'un commutateur très-sensible qui, en tremblant par l'effet des vibrations sonores, produit des variations continuelles dans le contact et par suite dans l'intensité du courant qui le traverse.

M. Willoughby Smith dit qu'ayant mis une plaque de sélénium (dont la résistance varie par l'action de la lumière) en circuit avec un téléphone, il a remarqué que toutes les fois qu'on laissait arriver un rayon de lumière sur le sélénium, on entendait aussitôt dans le téléphone un bruit très-fort. Il a construit aussi un microphone au moyen de trois limes queue-de-rat, disposées comme les *pointes de Paris* du professeur Hughes, et cet appareil transmet à un téléphone éloigné le bruit d'une douce respiration près des limes. Dans une autre expérience, il employa deux limes dont les bouts étaient rapprochés, sans être cependant en contact, de manière à former la lettre V. En ce point, il plaça un petit bout de *soie cuivrée.* Ce petit instrument, dans lequel la soie cuivrée faisait partie du conducteur, était si sensible que, lorsqu'on mettait une petite lampe sous la soie, celle-ci était mise en mouvement par le courant d'air chaud, ce qui faisait varier la résistance, et l'on entendait un craquement dans un téléphone intercalé dans le circuit.

M. Latimer Clark pense que la découverte du professeur Hughes peut conduire à la découverte d'un relais télégraphique plus sensible que ceux qui existent. Les tubes de Hughes sont si sensibles aux plus petites variations de pression, qu'il suffira sans doute de disposer un

électro-aimant, de telle sorte que, par les variations d'intensité du courant, son armature exerce une pression plus ou moins grande sur un de ses tubes (*).

Lord Lindsay cite quelques expériences intéressantes qu'il a faites en appliquant à un microphone une membrane résonnante; cet instrument étant placé près d'un piano dont on jouait, le son était transmis avec toutes les harmoniques à un téléphone éloigné; mais de temps en temps, quand on touchait une certaine note dont la période de vibration était égale à celle de la membrane, le téléphone rendait un grand bruit désagréable et assourdissant, dans lequel on distinguait non-seulement la note fondamentale, mais encore les octaves et toutes les vibrations sympathiques émises par les cordes du piano.

Le professeur Graham Bell pense que les phénomènes relatifs au microphone sont dus presque entièrement à des variations de résistance dans le circuit. La chaleur cependant pourrait y être pour quelque chose.

Le professeur Hughes fait connaître ses vues, quant à la théorie de ses découvertes. Il rappelle que si l'on saupoudre de sable une membrane, ce sable est lancé en l'air et projeté hors de la membrane sous l'influence de vibrations sonores. Si, par des moyens mécaniques, on empêche le sable d'être projeté, soit en l'enfermant dans un tube, soit en le maintenant par un poids, la tendance du mouvement du corps vibrant sera de comprimer et de relâcher alternativement la substance ainsi retenue, et de faire varier ainsi sa résistance. Ce n'est là qu'une analogie, mais elle peut servir à l'explication des phénomènes,

(*) On sait qu'il existe un relais à plombagine de M. Edison fondé sur ce principe.

Le président Siemens cite le téléphone de M. Edison comme exemple d'une variation produite dans la résistance d'un circuit électrique par la variation de pression exercée entre deux morceaux de charbon par des vibrations sonores.

2° *De l'action physique du Microphone.* (*Mémoire présenté à la Société de physique de Londres.*)

Le problème résolu par le microphone est celui-ci : introduire dans un circuit électrique une résistance électrique dont les variations s'accordent exactement avec les vibrations sonores, de façon à produire un courant ondulatoire d'électricité émis par une source constante et dont les ondes, par leur longueur, leur hauteur et leur forme, donnent une représentation exacte des ondes sonores.

Le premier point est de trouver une matière conductrice de l'électricité, susceptible d'être influencée par des vibrations sonores.

Le second point est d'obtenir que le courant électrique qui traverse cette matière soit converti en ondes d'une forme déterminée, par la seule action des vibrations sonores.

La solution du problème est dans la découverte de l'état de choses qui se présente lorsqu'un corps conducteur de l'électricité est dans un état très-divisé, sous forme de poudre, de limaille ou de surfaces superposées et lorsqu'il est soumis à une faible pression (bien inférieure à celle qui produirait la cohésion des parties, mais supérieure à celle qui leur permettrait de se séparer sous l'action des vibrations sonores) ; les molécules aux surfaces de jonction étant dans un état de liberté relative, tout en restant unies électriquement, arrangent d'elles-mêmes leur forme, le nombre de molécules qui se touchent ou leur pression (par un accoissement de volume ou de l'orbite de révolution), de manière à augmenter et diminuer dans de grandes proportions la résistance électrique du circuit.

Le problème une fois résolu, il suffit d'observer certaines considérations générales pour obtenir une série indéfinie de

microphones, ayant chacun leur champ propre de variation de résistance.

Ainsi la marche d'une mouche et le cri d'un insecte n'exigent pas de grandes variations de résistance, mais une grande sensibilité. Il suffit de deux surfaces de substances choisies, sous une très-faible pression, telle que le simple poids d'un petit conducteur superposé ; mais un pareil instrument ne conviendrait pas à la voix humaine, dont les vibrations, bien plus puissantes, dépassent la portée des variations de résistance qu'il peut produire.

La transmission de la voix humaine par un tube transmetteur exige quatre surfaces de charbon de sapin, ou six de charbon de fusain, ou huit de charbon de buis, ou dix de charbon de cornue. Toutefois, on obtient un bien meilleur effet avec les quatre surfaces de charbon de sapin qu'avec les dix de charbon des cornues ou de toute autre substance employée jusqu'ici ; le bois de sapin est la substance la plus résonnante que nous possédions, et il conserve cette propriété quand il est converti en charbon métallisé, suivant le procédé que j'ai indiqué.

Il ne suffit pas que le nombre des surfaces et leur matière soient en rapport avec l'étendue et la force des vibrations, il faut encore qu'elles soient soumises à une pression plus ou moins grande, en rapport avec la force des vibrations sonores. Ainsi, pour la voix humaine, les surfaces doivent être soumises à une pression beaucoup plus forte que pour les mouvements des insectes; cependant la portée de cet instrument est très-grande, car ceux que j'ai spécialement disposés pour l'articulation sont encore sensibles au tic-tac d'une montre.

Il faut s'arranger, dans tous les cas, de manière que les vibrations sonores employées donnent naissance à un courant parfaitement ondulatoire. Ainsi, pendant qu'on parle à un microphone transmetteur de la parole humaine, l'aiguille d'un galvanomètre placé dans le circuit ne doit pas dévier, parce que les ondes positives et négatives d'électricité sont égales et trop rapides pour faire mouvoir l'aiguille qui ne peut indiquer qu'un affaiblissement ou un accroissement général de l'intensité. Si la pression est insuffisante, on aura une succession constante d'interruptions de contact que l'aiguille

du galvanomètre mettra en évidence. Si la pression est augmentée graduellement les sons deviendront forts, mais manqueront de netteté, et le galvanomètre indiquera encore des interruptions; si l'on continue à augmenter la pression, le son sera plus clair, et quand l'aiguille deviendra stationnaire, on aura atteint le maximum de sonorité et de netteté. Puis, si on presse davantage, les sons deviendront plus faibles, quoique très-nets; au delà, les sons s'éteindront (comme si la personne qui parle s'éloignait de plus en plus), et l'on arrivera enfin au silence complet.

Quand on fixe un microphone sur une caisse de résonnance, c'est le contact inférieur qui doit être fixé sur la caisse pour que les vibrations sonores agissent directement sur lui. Le contact supérieur sur lequel on exerce la pression doit être soustrait autant que possible aux vibrations autres que celles qui lui sont directement transmises par les surfaces qui sont au-dessous; et l'inertie de la surface supérieure doit être renforcée par celle d'un poids. Je crois cette inertie nécessaire pour que le contact ne soit pas interrompu par les vibrations fortes. On n'obtiendrait pas ce résultat par l'emploi d'un ressort ;mais on peut se servir d'un ressort de réglage pour être sûr que le levier, comparativement lourd, exerce une pression convenable sur le contact.

Les surfaces de contact superposées peuvent être serrées de haut en bas par une vis isolée les traversant toutes, supprimant ainsi levier et ressort; mais il est beaucoup plus difficile d'ajuster cette vis, et la dilatation de la vis par la chaleur rendrait cette pression variable. Toutefois cet arrangement est très-simple et explique les conditions théoriques mieux que le levier que j'ai adopté dans la pratique.

Pour nous rendre compte de la théorie avec ce modèle, prenons un morceau de charbon plat de deux millimètres d'épaisseur et d'un centimètre carré de surface, et, après avoir établi la communication électrique au moyen d'un fil de cuivre aboutissant à la surface inférieure, collons cette surface sur une petite planchette résonnante, ou mieux sur un bloc de bois de dix centimètres d'équarrissage; sur cette plaque de charbon superposons une ou plusieurs plaques semblables et mettons la dernière surface supérieure en communication

avec un fil; la pression est exercée sur le bloc supérieur, et on la maintient en collant les côtés des disques ou mieux à l'aide de la vis isolée.

Appelons la pièce inférieure A, et B la supérieure.

Lorsque le bloc de bois est sous l'influence de vibrations sonores, il est impossible d'imaginer que son mouvement ondulatoire ait une longueur d'onde comparable à la longueur réelle d'une onde sonore, qui peut atteindre plusieurs pieds.

On ne peut imaginer non plus une onde quelconque sans admettre que la force doive être transmise de molécule à molécule à travers la longueur entière; ainsi toute portion d'onde représentée par ce bloc doit être en activité moléculaire; la portion inférieure du charbon A, faisant partie du bloc lui-même, subit cette action moléculaire, et la transmet aussi au bloc supérieur.

Comment cette action moléculaire aux deux surfaces A et B fait-elle varier la conductibilité ou la résistance électrique de façon à engendrer des ondes électriques ayant exactement la forme des vibrations sonores? Ce ne peut être en projetant la portion supérieure et déterminant un courant intermittent, puisque la portion supérieure ne peut se séparer de l'inférieure et que le galvanomètre n'indique aucune interruption de courant; ce ne peut être parce que les molécules se disposent en lignes stratifiées offrant plus ou moins de résistance, car alors nous n'aurions pas besoin de surfaces, ou, en d'autres termes, il ne serait pas indispensable d'avoir une discontinuité entre A et B; la surface supérieure ne serait pas non plus projetée quand on supprime la pression, comme l'est le sable sur une plaque de verre vibrante. La projection de cette pièce supérieure B, quand on supprime la pression, prouve qu'il se produit un coup, une pression ou un soulèvement de la portion inférieure; et il n'est pas douteux qu'il en soit ainsi, car une surface considérée isolément n'ayant pas de profondeur ne peut matériellement se séparer de sa masse. Il faut donc que le mouvement s'étende à une certaine profondeur, et de nombreuses expériences m'ont porté à croire que le bloc entier augmente et diminue de volume en tous ses points, au centre aussi bien qu'à la surface, en concordance exacte avec la forme de l'onde sonore. Bornant notre attention aux points

A et B, comment cette augmentation moléculaire de volume ou de forme peut-elle produire un changement dans les ondes électriques? On peut l'expliquer de deux façons : premièrement par un accroissement de pression sur la surface supérieure résultant de sa dilatation, ou secondement en observant que les molécules elles-mêmes, rencontrant une certaine résistance à leur mouvement vers le haut, s'étendent et forment une quantité innombrable de nouveaux points de contact. Un courant ondulatoire serait donc produit par des changements infinis dans le nombre des nouveaux contacts. J'incline à penser que ces deux actions interviennent; mais la dernière me paraît donner la véritable explication; parce que, si la première était seule exacte, avec les poudres métalliques, le charbon ou un conducteur élastique, tel que la soie métallisée, on obtiendrait des effets plus puissants qu'avec l'or ou une autre matière dure et inoxydable. Or, quelques-uns des meilleurs résultats par rapport à la voix humaine ont été obtenus au moyen de deux surfaces d'or solide.

Je suis donc porté à envisager plus favorablement l'idée que la production d'une variété infinie de nouveaux points de contacts déterminée par la pression moléculaire est la véritable explication; elle a l'avantage de convenir aux nombreux modèles de microphones que j'ai construits, et dans lesquels j'ai toujours pu retrouver nettement cet effet.

J'ai été très-frappé de la grande force mécanique mise en jeu par ce soulèvement vers le haut des molécules sous l'influence des vibrations sonores. Avec les vibrations d'une boîte à musique de 2 pieds de longueur, j'ai trouvé qu'une once de plomb massif sur une surface de contact de 1 centimètre carré ne suffisait pas pour assurer un contact constant, et ce ne fut qu'en éloignant la boîte à musique de plusieurs pieds que je pus maintenir la continuité du courant avec une pression modérée. J'ai parlé à quarante microphones à la fois, et ils paraisaient tous répondre avec une force égale. Il doit certainement y avoir une perte d'énergie dans la conversion des vibrations moléculaires en ondes électriques; mais cette perte est si petite que je n'ai jamais pu la mesurer avec les procédés simples dont je disposais.

J'ai examiné toutes les parties de la salle : bois, pierre, mé-

tal, bref tout ce qui s'y trouvait, jusqu'à un morceau de caoutchouc; tous ces objets étaient en mouvement moléculaire quand je parlais. Jusqu'ici je n'ai pas trouvé de subtance qui isole le son, comme la gutta-percha isole l'électricité. Le caoutchouc paraît être le meilleur isolant, mais je n'ai jamais pu, en employant tout le caoutchouc que j'avais, empêcher le microphone de répéter tout ce qu'il entendait.

La recherche d'un corps qui isole le son est cependant devenue nécessaire, le microphone ayant ouvert un monde de sons dont nous n'avions pas d'idée. Si l'on arrivait à isoler cet instrument de manière à diriger toute sa puissance sur un seul objet, comme je puis le faire à présent pour la marche d'une montre, on pourrait étudier un objet déterminé sans être troublé par le pandémonium de sons dont le microphone révèle actuellement l'existence là où l'on croyait que régnait un silence complet.

J'ai fait récemment quelques observations curieuses :

Un microphone placé sur une caisse de résonnance est intercalé dans le circuit d'une pile avec deux téléphones; si on pose un de ces téléphones sur la caisse de résonnance, l'autre téléphone émet un son continu. Ce son a son point de départ dans les vibrations qu'on imprime à la caisse en posant sur elle le premier téléphone; cette impulsion, traversant le microphone, met en mouvement les deux téléphones, et le téléphone placé sur la caisse réagissant à travers le microphone produit le son continu, qui dure tout le temps que le microphone est traversé par le courant électrique de la pile. Ce phénomène donne la solution d'un relais téléphonique pour la voix humaine.

La transmission du son par le microphone remplit les conditions d'une transmission *duplex;* car si deux correspondants se servent de microphones comme transmetteurs et de téléphones comme récepteurs, chacun peut entendre parler l'autre, mais ne peut entendre sa propre parole : si chacun chante une note différente, on n'entend pas l'accord. L'expérience a prouvé qu'un sourd peut entendre le tic-tac d'une montre, alors qu'il ne peut pas distinguer la parole humaine; et mes résultats me conduisent à cette conclusion, que nous nous

entendons parler nous-mêmes par les os et non par les oreilles (*).

Quelque simple que le microphone puisse paraître à première vue, il m'a fallu plusieurs mois d'étude et de travail incessant pour l'amener à son état actuel.

Chaque jour s'agrandit le champ de son utilité. Sir Henry Thompson est parvenu à l'appliquer à des opérations chirurgicales d'une extrême délicatesse, et l'on peut, par ce moyen, découvrir des éclats de bois, des balles, bref, toute substance étrangère. Le docteur Richardson et moi avons étudié son emploi pour les maladies des poumons et du cœur, et quoique l'application de sir Henry Thompson ait mieux réussi, je ne doute pas que nous n'arrivions également.

On peut espérer aussi venir en aide à la surdité; car l'articulation téléphonique est devenue parfaite en augmentant la sonorité. Les télégraphes doubles et multiples en tireront profit, et il n'est guère de science ayant avec l'acoustique quelque rapport direct ou indirect qui n'en puisse tirer aussi profit.

Après la lecture de ce mémoire, M. Hughes a fait quelques expériences démontrant les applications chirurgicales du microphone. On a vu que sir Henry Thompson avait utilisé cet instrument dans les opérations relatives aux calculs de la vessie et pour la recherche des projectiles, balles ou fragments d'os restés dans les chairs.

On sait combien il est important de s'assurer qu'après la lithotritie tous les fragments de pierre ont été retirés. On recherchait ces débris en écoutant attentivement le son produit quand l'instrument venait à les toucher ; et une oreille habile percevait ce son conduit par le manche métallique de l'instrument. Le microphone amplifie considérablement ces sons et permet même de reconnaître si la sonde a rencontré une balle, un éclat d'os ou toute

(*) On a pu faire entendre des sourds en transmettant les sons par l'os frontal, au moyen d'une planchette vibrante devant laquelle on parlait.

autre substance solide capable de produire un son en choquant le métal de la sonde.

Les expériences de M. Hughes ont consisté à rechercher des grains de plomb, des morceaux de cire à cacheter, etc., cachés dans une masse épaisse de drap. Le président, ayant à l'oreille un téléphone relié à la sonde microphonique, annonçait à l'auditoire le moment où la sonde que M. Hughes tenait à la main rencontrait le corps étranger.

M. Hughes a répété ensuite l'expérience de l'action mutuelle et de la réaction qui se manifeste entre un téléphone et le microphone. Un petit microphone à crayon était placé à l'angle d'une planchette de sapin, et mis en circuit avec deux téléphones et une pile de 6 éléments Daniell. Un des téléphones était posé sur le bureau avec son embouchure dirigée vers l'auditoire. En posant l'autre téléphone sur la planchette du microphone, le téléphone à embouchure rendait un son continu, dont on peut donner l'explication suivante : en posant le téléphone sur la planchette, on imprime à cette dernière un tremblement qui, se communiquant au microphone, donne naissance à un courant ondulatoire qui fait vibrer les deux téléphones, dont l'un renvoie ses vibrations au public, et l'autre les transmet à la planchette qui se met à trembler de nouveau, etc.

Cette observation conduit à la construction d'un relais téléphonique ; car, avec un microphone placé aux stations intermédiaires, on pourra substituer un nouveau courant de pile au courant venant de la première station.

(*Engineering.*)

M. Ducretet a construit un microphone stéthoscopique d'une grande sensibilité. En raison de la délicatesse des

tambours de M. Marey, utilisés dans cet appareil, les moindres vibrations, déterminées par un bruit quelconque à travers le corps, impressionnent les membranes élastiques qui lui sont adaptées, et l'expérience a montré qu'on pouvait de cette manière entendre très-bien les battements du cœur, les pulsations du pouls, les souffles de la poitrine; mais il faut une certaine habitude pour bien appliquer le tambour explorateur et distinguer les bruits que l'on veut étudier de ceux qui leur sont étrangers.

(*Comptes rendus.*)

LE MICROPHONE RÉCEPTEUR.

Dans les premières expériences de M. Hughes, le microphone était uniquement un appareil de transmission, un appareil capable de transformer des vibrations sonores en courants électriques ondulatoires, mais incapable alors de convertir de nouveau les ondulations électriques ainsi produites en vibrations sonores à la station correspondante. C'est le téléphone électro-magnétique de Bell qui servait de récepteur, et ce téléphone reste encore d'ailleurs, pour le moment, le plus parfait des récepteurs microphoniques imaginés jusqu'ici.

Au commencement du mois de juin, M. James Blyth annonça à la *Royal Society* d'Édimbourg qu'il avait construit un microphone pouvant servir d'appareil récepteur et dispensant par suite du téléphone Bell. L'appareil de M. Blyth consiste simplement en un petit vase de verre contenant des résidus de charbon que l'on trouve dans les cendres (cendersgas) cassés en fragments grossiers; une bande d'étain était placée de chaque côté du vase entre le verre et les charbons et, à ces bandes d'étain étaient attachés des fils reliant l'appareil à un appareil semblable disposé dans une autre pièce : un couple d'éléments de Grove était intercalé dans le circuit. Avec cet arrangement, c'est-à-dire avec deux verres remplis de cette sorte de braise reliés l'un à l'autre, et une pile de deux éléments de Grove, M. Blyth dit que des sons articulés émis dans un des vases sont distinctement en-

tendus dans l'autre et qu'on peut même distinguer les voix (*), mais il ajoute que les résultats ne sont pas encore ceux qu'on obtiendra sans doute quand on aura trouvé de meilleures formes de transmetteur et de récepteur.

Tout récemment, un autre microphone récepteur a été décrit par M. W.-J. Millar, dans une lettre adressée à l'*Engineering*.

M. Millar a constaté qu'en plaçant près de l'oreille un petit barreau aimanté sur lequel étaient enroulés, dans le sens de sa longueur, quelques mètres de fil de cuivre, on entendait des sons quand le courant était interrompu. Il prend un aimant permanent en fer à cheval ordinaire et, le long d'une des branches, il enroule un fil de cuivre isolé (n° 30, B. W. G.) de 2 à 3 mètres. Sur les côtés plats des extrémités de l'aimant, il place le couvercle d'une boîte d'étain et, avec ce simple appareil, M. Millar déclare qu'on entend distinctement les sons de diapason, les chants, les sifflements, la parole et les airs de violon. Pour se servir de cet instrument, on le met en circuit avec un microphone transmetteur et avec un seul élément Leclanché.

Le microphone récepteur que M. Hughes vient d'imaginer diffère des deux précédents et il forme un anneau important de la chaîne des recherches expérimentales du professeur Hughes. On n'en parle que comme d'un anneau, parce que ce n'est pas encore un instrument par-

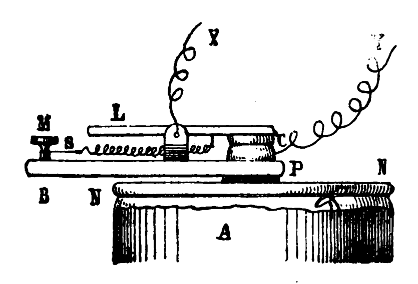
(*) En substituant à l'un des verres un téléphone, et versant de l'eau dans l'autre, M. Blyth a pu se passer de pile et entendre dans le téléphone les paroles articulées devant le vase à charbon. Cet effet cessait si l'on enlevait les charbons, en laissant seulement de l'eau.

Avec des charbons secs, l'effet était très-faible; mais il devenait distinct quand les charbons étaient humectés par la respiration de celui qui parlait.

fait; mais il démontre ce principe nouveau dans la microphonie, que l'action du microphone est, jusqu'à un certain point, réversible, ce qui est très-important au point de vue de la vraie théorie de l'action du microphone.

L'instrument est une combinaison du microphone parlant de Hughes et du téléphone à ficelle. A est un petit cylindre creux d'étain, fermé à une extrémité par la membrane de parchemin NN, tendue par-dessus comme la peau d'un tambour (par exemple, le cornet d'un téléphone à ficelle ordinaire). Au centre de la membrane est fixé un petit bloc de bois de sapin P, qui porte la planchette BP, également en bois de sapin ; le bloc étant assez épais pour que l'autre extrémité de la planchette ne touche pas le bord du cylindre, de sorte que tout le reste de l'appareil repose uniquement sur le centre de la membrane.

La planchette de sapin BP sert de support à un des mi-



crophones articulants de M. Hughes, celui qui est formé d'un levier en laiton L, oscillant autour d'un axe passant par son centre de gravité et portant à un bout un petit bouton de charbon de sapin préparé C, que le ressort en spirale S appuie avec une pression constante contre un bouton de charbon semblable placé en dessous du pre-

mier et fixé sur la planchette de sapin BP. Le degré de pression entre les boutons de charbon peut être réglé en tournant la vis à tête striée M, qui fait varier la tension du ressort en enroulant ou déroulant un fil de soie attaché à une extrémité du ressort. Les fils conducteurs X et Y reliés, l'un au levier L et au bouton supérieur C, l'autre au bouton inférieur, mettent l'instrument en circuit avec l'appareil transmetteur.

L'appareil complet se compose du récepteur qui vient d'être décrit, d'un microphone ordinaire à crayon, servant de transmetteur, d'une pile de six éléments Daniell et d'un galvanomètre servant à indiquer que le circuit est complet et mettant en évidence les variations dans l'intensité du courant. En mettant l'oreille contre l'ouverture du cylindre d'étain A, le tic-tac d'une petite montre placée sur le support du microphone transmetteur s'entend distinctement et cesse d'être entendu quand le circuit est interrompu. La parole articulée peut de même être transmise assez clairement pour être comprise, mais elle est beaucoup plus faible que dans le téléphone ordinaire de Bell. M. Hughes estime que, comme récepteur, le téléphone de Bell est dix fois supérieur à son instrument.

Le fonctionnement de ce récepteur semble corroborer la théorie de l'action du microphone émise par le professeur Hughes. Suivant cette théorie, la substance des corps, sous l'influence de vibrations sonores, augmente et diminue de volume en tous ces points, au centre aussi bien qu'à la surface, en concordance parfaite avec la forme de l'onde sonore qui produit cette vibration. Si ces corps sont conducteurs et mis en faible contact l'un avec l'autre, de manière à faire partie d'un circuit voltaïque, le courant électrique prend un caractère ondulatoire et peut

être converti de nouveau en vibrations sonores par un récepteur convenable, tel qu'un téléphone de Bell. Supposons cette théorie exacte; que doit-il arriver si l'on procède en sens inverse? Puisque des vibrations sonores ont pour effet, sur certaines parties d'un circuit électrique, de faire varier les dimensions de ces parties, il est naturel de penser qu'une variation correspondante de ces dimensions pourra, par un appareil convenable, être convertie de nouveau en ondulations sonores; et, s'il est vrai que les variations mécaniques donnent un caractère ondulatoire à un courant électrique, réciproquement, la transmission d'un courant électrique ondulatoire à travers un circuit semblable produira une variation mécanique capable de faire vibrer une membrane ou un autre instrument acoustique et de communiquer ainsi à l'air une série d'ondulations sonores.

Dans le récepteur de Hughes, les boutons de charbon, sous l'influence d'un courant électrique ondulatoire qui les traverse, sont mis dans un état de vibration mécanique; cette vibration devient perceptible à l'oreille par les petits coups frappés sur la membrane qui supporte l'appareil et le son, ainsi accru, est encore renforcé par la cavité résonnante au-dessus de laquelle la membrane est tendue.

(*Engineering.*)

CHRONIQUE.

Emploi du Microphone comme Thermoscope.

Le microphone constitue un thermoscope très-sensible. On prend un tube mince, un tuyau de plume, par exemple, que l'on remplit avec quatre ou cinq petits cylindres de charbon de fusain ; on relie les extrémités du tube à une pile et à un galvanomètre. La chaleur dilatant l'enveloppe diminue la pression établie entre les cylindres de charbon à leurs points de contact, la résistance du circuit augmente, et, par suite, la déviation du galvanomètre diminue. Pour apprécier si la température d'un corps est supérieure ou inférieure à la température ambiante, il suffit donc d'approcher le corps du tube. Dans le premier cas, la déviation diminue, dans le second elle augmente. L'approche de la main, l'intervention du soleil et de l'ombre produisent dans l'intensité du courant des variations indiquées par le galvanomètre.

L'analogie de ce thermoscope avec le thermoscope connu sous le nom de *micro-tasimètre de Edison*, dont nous donnerons prochainement la description, a été sans doute la cause déterminante du conflit qui s'est élevé entre MM. Hughes et Edison, conflit dont toute la presse des deux mondes s'est émue.

M. Hughes n'a jamais eu la prétention d'avoir inventé un nouveau thermoscope, et c'est le hasard qui l'a conduit à faire l'expérience dont nous venons de parler. Voulant faire un microphone composé de quatre cylindres de charbon de fusain, et n'ayant pas de tube en verre à sa disposition, il prit à la place un tuyau de plume. L'appareil fit un très-mauvais microphone, parce que le tuyau de plume se dilatait et se contractait sous les variations de température et d'humidité produites par la respiration quand on approchait la bouche

pour parler. La pression entre les cylindres de charbon diminuait quand le tuyau se dilatait, la résistance du circuit augmentait, et le galvanomètre l'indiquait.

Le Téléphone à charbon et le Microphone.

Nous reproduisons, d'après l'*Engineering*, quelques considérations sur les caractères communs et les traits distinctifs de ces deux appareils. Peut-être l'écrivain anglais n'insiste-t-il pas assez sur ce qui nous paraît être le point saillant de la découverte d'Edison. Le vrai mérite de l'invention n'est pas d'avoir reconnu que la résistance électrique de certains corps ou des contacts établis par l'intermédiaire de ces corps variait avec la pression mécanique, ce qu'on pouvait regarder comme évident et ce que chaque jour l'expérience nous démontre, mais bien d'avoir reconnu et vérifié qu'il existait entre la variation de la résistance électrique et celle de la pression mécanique une relation de nature à pouvoir être utilisée pour la translation de courants d'intensité variable (relais à pression) et pour la conversion des ondes sonores en ondes électriques.

J. R.

« Le téléphone de M. Edison est acoustiquement semblable au téléphone du professeur Bell, et il ressemble électriquement à un des modèles du microphone du professeur Hughes; c'est justement sa ressemblance avec l'un qui constitue sa différence d'avec l'autre. Il ressemble au téléphone de Bell en ce qu'il reçoit les vibrations sonores au moyen d'un diaphragme placé devant une embouchure, et il en diffère par la manière dont il convertit les vibrations du diaphragme en ondes électriques. Il ressemble au microphone du professeur Hughes en ce qu'il emploie un courant de pile dans le circuit duquel est interposée une résistance variable; mais il diffère du microphone par les moyens qui produisent cette variation de résistance, résultant des vibrations sonores communiquées à l'instrument. On peut dire qu'il occupe une place entre les

deux, et il serait difficile de dire auquel il ressemble le plus, et duquel il diffère le plus.

C'est un fait connu des électriciens depuis des années, que la résistance de tous les corps conducteurs, et nous pouvons dire de toutes les substances, varie quand la pression varie elle-même. On y a égard dans la construction des relais et autres instruments télégraphiques qui exigent de bons contacts, la préoccupation des constructeurs étant en pareil cas d'assurer le minimum de résistance aux points de contact par l'emploi, quand la chose est possible, de forts ressorts dontla pression s'exerce sur ces points.

Quelques conducteurs imparfaits manifestent cette propriété à un degré plus marqué que d'autres. M. Clérac, de l'administration des télégraphes, à Paris, a utilisé, dès l'année 1866, la variation de résistance que le charbon pulvérisé éprouve par l'effet des variations de pression et construit, à cette époque, des tubes de résistance contenant du charbon pulvérisé, dont la résistance pouvait se régler en augmentant ou diminuant la pression sur le contenu des tubes, au moyen d'une vis de pression. M. Edison a également utilisé cette propriété du charbon dans son téléphone à charbon. On a vu comment il a été amené progressivement à employer un diaphragme épais au lieu de la membrane mince dont il se servait à l'origine. Il est certain qu'arrivé à ce point, M. Edison était très-près de la découverte de M. Hughes.

. . . .

La découverte faite par M. Edison, c'est que le charbon sous diverses formes, et plus spécialement sous forme de noir de fumée ou de suie comprimée, varie dans sa résistance électrique quand varie la pression. La découverte du professeur Hughes, c'est que toutes substances conductrices peuvent être employées avec un égal succès, pourvu que leurs surfaces ne soient pas oxydables sous l'influence d'un courant électrique, ou, si elles le sont, que les oxydes soient aussi rapidement dispersés que formés. Les expériences du professeur Hughes démontrent très-clairement que les vibrations sonores mettent en vibration moléculaire toutes les substances qui se trouvent dans le champ de leur influence, et que si l'on émet des paroles ou des notes dans le voisinage d'une planchette,

cette planchette recueillera les vibrations qui constituent ce son ; si, de plus, il y a à sa surface (n'importe en quelle partie) deux ou plusieurs surfaces conductrices de l'électricité en contact l'une avec l'autre, le tremblement ou l'agitation moléculaire de la planchette résonnante se communiquera au corps conducteur, et le courant qui le traverse recevra un caractère ondulatoire, dont les variations correspondront à celles des vibrations sonores qui ont tout d'abord donné naissance à ce tremblement. On voit donc que la découverte de M. Edison n'est qu'un cas spécial de la découverte plus vaste et plus étendue du professeur Hughes. La différence théorique des découvertes des deux inventeurs se retrouve dans la construction de leurs instruments respectifs. M. Edison se sert de charbon parce qu'il trouve que le charbon fait un médiocre contact électrique sous une pression faible, et que ce contact s'améliore à mesure qu'augmente la pression, tandis que M. Hughes se sert de charbon dans certains modèles de son microphone à cause de la propriété qu'il a de faire le meilleur contact électrique avec de très-faibles pressions. Pour les mêmes raison, M. Edison trouve nécessaire d'insérer un diaphragme dans tous les modèles de son appareil, ce diaphragme étant le moyen mécanique employé pour convertir les vibrations sonores en des variations de pression, et pour obtenir sûrement des variations dans la conductibilité du charbon. Il est vrai que, dans certains cas, il a donné à ses diaphragmes jusqu'à 1/16e de pouce d'épaisseur, de manière à réduire à un minimum l'amplitude de leurs vibrations ; mais les expériences du professeur Bell, aussi bien que les recherches de lord Rayleigh, ont prouvé que les diaphragmes métalliques sont capables de vibrer sous l'influence du son avec des amplitudes si petites qu'elles ne peuvent être mesurées, et sous des vibrations sonores si faibles, qu'on ne les soupçonnait même pas auparavant. M. Hughes n'emploie pas de diaphragme, et, dans ses appareils, les vibrations sonores agissent directement sur le corps destiné à le recevoir.

. . . .

La découverte de M. Hughes prouve non-seulement que des variations dans la résistance peuvent être communiquées à un courant électrique sans diaphragme, mais encore qu'on

obtient de bien meilleurs résultats lorsque cet accessoire n'est pas employé; car toutes les fois qu'une force physique se convertit en une autre, la conversion entraîne toujours une perte de force; donc les procédés physiques qui exigent le moins de changements doivent nécessairement être accompagnés d'une moindre somme de pertes. Le microphone du professeur Hughes peut être considéré comme un relais acoustique par le moyen duquel des vibrations sonores peuvent engendrer dans un circuit téléphonique un courant ondulatoire provenant d'une source puissante et constante, et amplifier ainsi les sons faibles qui actionnent le relais sensible, et il en résulte que des sons imperceptibles autrement se transforment en sons bruyants. C'est en cela que consiste la grande différence qui sépare ses résultats de ceux de tous les autres téléphones: ceux-ci reçoivent une voix forte à l'extrémité qui transmet, et cette voix forte arrive en sons très-affaiblis à l'autre extrémité. Cette différence d'effets peut être comparée à celle qu'on observe quand on regarde dans une lunette successivement par les deux bouts. Dans le microphone les sons sont grossis comme les objets sont grossis par une lunette quand on s'en sert à la manière habituelle; tandis que dans tous les autres téléphones les sons sont diminués comme les objets que l'on regarde en appliquant l'œil à l'objectif de la lunette . . . .

. . . .

Les inventions des deux expérimentateurs sont physiquement distinctes, et elles diffèrent l'une de l'autre en principe, en construction intérieure, en forme extérieure, et les domaines de leur utilité ne se confondent que lorsque le microphone est appliqué à la transmission de la parole articulée. On ne peut même pas dire, strictement parlant, que l'emploi du charbon soit un terrain commun aux deux; car le charbon employé par M. Edison est de la suie comprimée, tandis que celui dont se sert M. Hughes est du charbon de bois ou des cornues. Du reste, l'emploi du charbon ne fait pas nécessairement partie de l'appareil Hughes; car il a trouvé que des plaques d'or, de platine et d'autres métaux d'oxydation difficile donnent de meilleurs résultats, et il n'emploie le charbon que parce que c'est une substance peu coûteuse, capable de conduire l'électricité, et ne formant aucun oxyde isolant à

ses points de contact électrique. Mais quel est le principe essentiel du téléphone de M. Edison, de son mesureur de chaleur et de son microtasimètre, qu'il voudrait faire passer comme des modèles du microphone? Tous ces instruments dépendent, dans leur action, de la découverte faite par M. Edison que la résistance électrique du charbon varie quand varie la pression mécanique; et cette propriété du charbon était connue, il y a bien des années, comme nous l'avons dit.

. . . .

D'autre part, la découverte de M. Hughes est que *toutes* les substances, et non pas le charbon seul, subissent un certain changement de structure et de forme sous l'influence de vibrations sonores; et, lorsque des corps conducteurs de l'électricité sont employés comme l'indique M. Hughes, ce changement de structure et de forme est capable de convertir un courant électrique invariable et constant en un courant variable ou ondulatoire. La principale différence entre les deux découvertes est que cette dernière est vaste et étendue, et l'on peut dire qu'elle comprend la première qui est spéciale et étroite, ne se rapportant qu'à un seul corps entre un nombre infini de corps; et, qui plus est, l'énoncé formulé par le professeur Hughes est probablement plus près de la vérité, et nous osons prédire que la théorie du téléphone à charbon de M. Edison sera acceptée à l'avenir, plutôt comme une conséquence de l'importante découverte du professeur Hughes, qu'avec l'explication donnée par M. Edison sur un exemple spécial.

L'emploi du charbon est essentiel pour l'instrument de M. Edison; mais le charbon n'est qu'un des nombreux corps que l'on peut employer pour le microphone. En fait, M. Edison emploie le charbon, comme un constructeur emploie le zinc pour la plaque positive d'une pile voltaïque, parce qu'il ne connaît pas d'autre corps qui réponde aussi bien à ses fins, tandis que le professeur Hughes se sert du charbon, comme un constructeur se sert du charbon pour plaque négative, parce qu'il est peu coûteux et non oxydable, quoique sachant fort bien que ce corps peut être remplacé par le cuivre, l'argent, le platine, ou enfin par un grand nombre de substances conductrices de l'électricité.

Nous avons déjà fait ressortir la grande différence de construction entre le téléphone à charbon et le microphone de M. Hughes; les résultats des deux inventions sont également distincts. Nous pouvons supposer que M. Edison a envoyé en Angleterre, pour les autorités du Post-office et pour le public anglais, ce qu'il considérait comme un de ses meilleurs instruments. Or cet instrument est incapable de transmettre la parole articulée sans l'aide d'une bobine d'induction, et il transmet les sons *ch* et *s* beaucoup plus faiblement que le téléphone à électro-aimant du professeur Graham Bell. Son inventeur lui-même ne peut prétendre qu'il puisse recueillir des sons tels que le tic-tac d'une montre ou le grattement d'un crayon, tandis que le microphone appliqué à la téléphonie peut faire tout ce que fait le téléphone de M. Edison, et cela d'une manière beaucoup plus parfaite.

En réponse aux observations de l'*Engineering*, caractérisant le téléphone d'Edison par l'emploi du *diaphragme*, qui est supprimé dans le microphone d'Hughes, et l'usage exclusif du *charbon*, M. Edison cite les deux passages suivants d'un ouvrage récemment publié par M. Prescott sur le téléphone :

« Le diaphragme n'a pas d'autre but que de permettre, par la grandeur relative de sa surface, la concentration d'une portion considérable des ondes sonores sur le petit disque de charbon; de cette façon, la pression exercée par la voix de la personne qui parle est plus grande que si *elle agissait seulement sur la petite surface de ce disque*. . . . .

. . . .

« M. Edison a trouvé encore que la plombagine, le peroxyde de plomb, l'iodure de cuivre, le charbon de gaz en poudre, l'oxyde noir de manganèse, le phosphore amorce, *les métaux dans un grand état de division*, et plusieurs sulfures peuvent être employés; il s'est servi aussi de matières fibreuses recouvertes chimiquement de divers métaux et comprimées en forme de boutons; mais toutes ces substances étaient moins sensibles que le noir de fumée, et ont été abandonnées pour cette dernière. »

M. Edison n'admet pas d'ailleurs la théorie de M. Hughes, et pense que l'effet tient simplement au contact plus ou moins

intime à la surface, et non pas à une modification intermoléculaire.

M. Frank L. Pope, dans une lettre adressée à *The Telegraphic Journal*, donne quelques détails intéressants sur l'invention du téléphone parlant :

« Le 14 février 1876, Elisha Gray, de Chicago, déposa au bureau des brevets d'invention des États-Unís un *caveat* avec dessins annexés, démontrant qu'à cette date il avait non-seulement découvert le principe du téléphone articulant, mais même qu'il avait inventé un téléphone parlant pratique, reposant sur un moyen imaginé par lui de *faire dépendre la résistance d'un courant constant des variations de la surface de contact entre deux conducteurs*, *dont l'un était mis en vibration par l'action de la voix sur l'atmosphère*. Ce *caveat* de Gray est le *premier document* contenant la description d'un téléphone articulant ou parlant, avec les dessins complets d'un appareil d'exécution.

« Le 30 juillet 1877, M. Edison prit un brevet provisoire en Angleterre pour son téléphone parlant. Dans ce document, il décrivait différentes formes de téléphones qu'il croyait tout à fait originales, et comme principe et comme dispositions, alors qu'elles étaient toutes implicitement renfermées dans le principe si clairement énoncé dans le *caveat* de Gray, et consistant à faire dépendre la résistance d'un circuit constant de l'action des ondes sonores. Il indiquait aussi un moyen de régler la résistance d'un circuit d'après l'étendue de la surface de contact entre deux conducteurs dont l'un était mis en mouvement par un diaphragme, ce que Gray avait également inventé. Le fait nouveau découvert et publié par Edison était que *la résistance spécifique d'un morceau de charbon est modifiée par des variations de pression.*

« Il est donc évident que le principe commun à Edison et à Hughes avait été énoncé dans le *caveat* de Gray, dix-huit mois avant le brevet qu'Edison prit en Angleterre.

« Voici maintenant le point de l'invention de Hughes qui n'a pas été trouvé par Gray et qu'on ne saurait regarder comme commun à Hughes et à Edison.

« Le professeur Hughes a découvert que lorsque deux conduc-

teurs séparés sont placés de manière à faire un faible contact, tout en formant un circuit, la plus légère vibration communiquée à l'un d'eux produit une grande variation dans la résistance. C'est ainsi qu'il a pu obtenir des résultats impossibles à réaliser soit avec l'appareil de Gray, soit avec celui d'Edison. »

Chronique du Téléphone.

M. Navez réclame la priorité sur l'application de la bobine de Ruhmkorff au téléphone pour reproduire la parole à de grandes distances.

M. Navez se sert d'un transmetteur téléphonique établi dans le système d'Edison, mais perfectionné par l'emploi d'une pile de rondelles de charbon de cornue. Il arrive à multiplier ainsi l'effet modificateur du charbon sur l'intensité du courant transmis. On obtient les meilleurs résultats quand on emploie dix ou douze rondelles. Ces rondelles agissent bien par leurs surfaces de contact, car il suffit de les séparer par des rondelles d'étain interposées, pour détruire toute articulation de la parole reproduite.

Pour éteindre les vibrations musicales nuisibles qui accompagnent les transmissions téléphoniques, M. Navez emploie, comme lame vibrante du transmetteur, une lame de cuivre recouverte d'argent, et pour lame vibrante du récepteur une lame de fer doublée d'une plaque de laiton, le tout soudé ensemble. Il emploie d'ailleurs des tubes de caoutchouc munis d'embouchures et de conduits auriculaires, pour la transmission et la réception des sons, et les appareils sont disposés à plat sur une table; à cet effet, le barreau aimanté du téléphone récepteur est alors remplacé par deux aimants horizontaux, agissant sur un petit noyau de fer qui porte la bobine, et qui se trouve placé verticalement entre les deux aimants.

(*Comptes rendus.*)

Études sur le téléphone. — M. W. Ackroyd fait remarquer que le tympan est incliné sur l'axe du passage de l'oreille externe sous un angle de 46°. Il pense qu'il y aurait avantage à faire

faire à la membrane un certain angle avec la cavité résonnante où elle se trouve placée.

M. Gaiffe a vérifié, à son tour, que les effets produits dans le téléphone sont d'autant meilleurs que les sons rendus par les deux appareils en correspondance sont plus semblables et se rapprochent davantage de la hauteur de la voix de celui qui les emploie. Les appareils réagissent, en effet, l'un par rapport à l'autre, et par rapport à la personne qui parle, à la manière des résonnateurs d'Helmholtz. — Il trouve également que, pour régler un téléphone à son maximum d'intensité, il suffit de le faire traverser par le courant d'un faible appareil d'induction à trembleur, et de serrer ou desserrer la vis qui tient l'aimant de l'appareil, jusqu'à ce que les sons du trembleur représentés par le téléphone aient atteint leur maximum de force.

M. Bourbouze annonce qu'il a pu supprimer le fil de retour dans l'emploi du téléphone : c'était bien connu.

M. Izarn a installé dans la cour du lycée de Clermont un téléphone dans un fil unique de 50 milles de long, et pris la terre aux deux bouts à des becs de gaz. Il a entendu nettement les signaux Morse ou autres provenant soit du bureau télegraphique, soit de la ligne télégraphique de l'École d'artillerie. Comme le fil expérimenté par M. Izarn est indépendant des fils où circulaient ces signaux, qu'il en est même très-éloigné, il est impossible d'expliquer ce phénomène par l'induction de fils suivant sur une certaine distance le même parcours. Mais comme les prises de terre du bureau télégraphique et de l'École d'artillerie se font à une petite distance des tuyaux du gaz, il n'est pas douteux que le phénomène ne soit dû à une dérivation de courant produite dans le fil placé dans la cour du lycée par l'intermédiaire du sol humide et du réseau métallique des tuyaux. L'administration télégraphique a donc intérêt à éloigner ses terres des tuyaux de gaz, si elle ne veut pas être exposée à voir ses correspondances saisies au passage, dans certains cas, par un particulier ayant le gaz à sa disposition.

M. Oüy a fait également, dans le département des Landes, des expériences intéressantes :

Quand on fait passer un courant permanent dans un téléphone, on entend un crépitement continu, si un point du circuit présente une résistance considérable, comme lorsque le contact est établi sur une surface polie, une aiguille à tricoter, le marteau d'un manipulateur Morse; mais si le contact est bien établi, ce crépitement n'a pas lieu. On peut remarquer que ce sont des observations de ce genre qui ont amené la découverte du microphone.

M. Oüy écrit qu'il a entendu les transmissions échangées sur une ligne en approchant du conducteur un téléphone, auquel aucun fil n'était attaché, et qui n'était par conséquent relié ni à la ligne ni à la terre : l'effet obtenu serait dû, suivant lui, à l'action directe du courant de la ligne sur l'aimant du téléphone.

En attachant un des fils du téléphone à un tuyau de gaz, et plongeant l'autre dans un puits, il se produit un crépitement indiquant le passage du courant de terre; ce courant a été utilisé pour la transmission de la façon suivante : Un téléphone a été placé entre le fil relié à la conduite de gaz et un fil allant de la maison de M. Oüy au bureau télégraphique, et on a substitué le fil de terre au fil de pile dans la manipulation du bureau. Les transmissions Morse étaient alors entendues en tenant le téléphone à 20 centimètres de l'oreille.

En remplaçant la conduite de gaz par le fil plongé dans le puits, le courant tellurique était plus faible, et les sons moins intenses : les deux terres se trouvaient alors séparées par une rivière et distantes de 560 mètres.

A cette distance du bureau (560 mètres), et avec le circuit local formé par le téléphone relié d'une part à une conduite de gaz et de l'autre à un puits, circuit complétement indépendant du circuit télégraphique et séparé du bureau par une rivière, on a pu lire les transmissions faites par le bureau. La communication était sans doute établie par le tuyau à gaz.

M. Pinatel, à Marseille, s'est servi du téléphone pour correspondre avec des agents employés à des coupures de fil dans les guérites de raccordement et à des travaux sur lignes aériennes. Les transmissions échangées sur les fils voisins gênaient la correspondance et n'auraient pas permis la trans-

mission d'une dépêche ordinaire, mais on s'habituait à distinguer la transmission téléphonique des crépitements d'induction, et on échangeait facilement des phrases *brèves et chantées.*

Les expériences de téléphonie faites à Toulouse par les soins de MM. Devals et Savignol confirment un certain nombre de résultats connus, tels que la nécessité d'employer un fil de retour quand les terres dont on dispose servent déjà à d'autres communications télégraphiques, l'induction des fils voisins, la netteté plus grande du chant par rapport à celle de la voix, le rapport à établir entre la résistance de la bobine et celle du circuit, etc.

L'emploi simultané du téléphone et d'un appareil Morse sur le même conducteur a présenté les difficultés suivantes : 1° le bruit intense produit sur la plaque à chaque émission du courant de pile; 2° l'isolement de la ligne, quand le manipulateur passe de la position de repos à celle d'émission et inversement. L'effet de la position d'isolement devient évident par l'expérience suivante: on fait arriver la ligne à la fois aux deux contacts de pile et de réception du manipulateur, et le massif est relié au téléphone. Dans les deux positions extrêmes, le circuit téléphonique est fermé; mais dès que le manipulateur est mis en mouvement, la voix éprouve des défaillances. (On sait qu'il est facile de supprimer la position d'isolement du manipulateur Morse, soit par une disposition analogue à celle employée dans le système *duplex*, soit en faisant parcourir la ligne au repos par un courant, et travaillant par un courant plus fort.)

On a vérifié également qu'on pouvait percevoir dans un téléphone les transmissions faites sur un circuit n'ayant de commun que la communication de terre avec le circuit téléphonique.

Enfin on a comparé un téléphone dont la bobine entourait directement un barreau aimanté avec un téléphone dont l'aimant était formé d'un faisceau, et dont la bobine était enroulée autour d'un barreau de fer doux vissé à l'extrémité de l'aimant, au lieu d'être enroulé sur l'aimant lui-même. Ce dernier genre a donné des résultats un peu meilleurs.

M. d'Arsonval a étudié l'emploi du téléphone comme galva-

noscope physiologique. Il a comparé sa sensibilité à celle du nerf sciatique de la grenouille : le nerf est excité par un appareil d'induction de Siemens et Halske (appareil à chariot), et on éloigne la bobine induite jusqu'à ce que le nerf ne réponde plus à l'excitation électrique. On remplace alors le nerf par le téléphone, et le courant qui n'excitait plus le nerf fait vibrer le téléphone. Celui-ci peut vibrer encore quand on éloigne la bobine induite à une distance quinze fois plus grande que celle du minimum d'excitation du nerf : si l'on admet pour l'induction la loi des carrés inverses, le téléphone serait au moins deux cents fois plus sensible que le nerf.

M. d'Arsonval signale aussi l'emploi de faibles courants d'induction comme très-commode pour régler le téléphone : on recule ou l'on avance l'aimant jusqu'à ce que l'on entende le maximum de son.

Le téléphone constitue pour l'étude des courants physiologiques un galvanoscope bien plus sensible que le galvanomètre de 30,000 tours de Dubois-Raymond, dont l'aiguille, à cause de son inertie, ne peut manifester des variations électriques se succédant rapidement.

Le téléphone ne peut servir qu'à constater les *variations* d'un courant électrique : pour l'employer à constater la présence d'un courant continu, il suffit d'interrompre ce courant mécaniquement à l'aide d'un diapason.

Le téléphone a été employé dans la marine pour communiquer entre un navire et son remorqueur : le fil conducteur était enroulé autour de l'un des câbles remorques, et le circuit fermé par la mer au moyen des doublages en cuivre des deux navires.

Il a été aussi appliqué à la manœuvre des scaphandres. Une glace du casque est remplacée par une plaque en cuivre dans laquelle est enchâssé le téléphone : de cette façon le scaphandrier n'a qu'un léger mouvement de tête à faire, soit pour recevoir des communications de l'extérieur, soit pour en adresser. Les scaphandriers peuvent donc rendre compte de tout ce qu'ils voient et font, sans qu'il soit besoin de les ramener hors de l'eau.

Nouveau mode d'enroulement des Électro-aimants,

Par M. E. Bisson.

« J'ai changé le mode d'enroulement du fil sur les bobines des électro-aimants : à la fin de chaque rangée, je ramène le fil *en droite* ligne au point de départ, afin de recommencer l'enroulement du même côté que dans les rangées précédentes.

J'ai ainsi obtenu des résultats remarquables : avec le *même* noyau de fer doux, la *même* pile et la *même* quantité du *même* fil bobiné à la manière usuelle ou selon la nouvelle méthode que j'indique, on trouve, soit au glissement, soit à l'arrachement, soit à l'attraction à distance, un avantage *d'un tiers*, c'est-à-dire moitié en plus.

Mes premiers essais avaient été faits sur des bobines de petites dimensions; mais j'ai répété cette expérience sur un noyau de fer de 55 centimètres environ de longueur, recouvert de 16 kilogrammes de fil de 2 millimètres, mesurant 640 mètres, et j'ai constaté pareillement que le magnétisme obtenu opposait une résistance au glissement représentée par 3 quand le fil est enroulé de la manière que je viens de dire, et par 2 quand il est enroulé de la manière ordinaire.

Quelle que soit la cause de ce phénomène, il est facile à constater. »

(*Comptes rendus*)

Pile à un seul liquide se dépolarisant par l'action de l'air atmosphérique,

Par M. Pulvermacher.

Dans cette pile, l'air atmosphérique est employé comme agent dépolarisant naturel sans l'emploi d'aucun oxydant artificiel chimique et donne au couple une constance relative.

Le liquide excitateur (acide sulfurique dilué, potasse caustique ou sel ammoniac) est placé dans un vase poreux cylin-

drique; le métal positif est constitué par un bâton de zinc amalgamé qui plonge dans ce liquide, et le métal négatif est formé par de longs ressorts à boudin en fil fin d'argent ou de platine (suivant le liquide), enroulés autour du cylindre. Les petites spires du fil d'argent sont assez écartées les unes des autres pour qu'il ne puisse pas se produire entre elles d'effets capilaires, et ce fil se trouve ainsi en contact par une infinité de points avec le liquide qui transsude du vase poreux. C'est sur toutes ces nombreuses petites surfaces de tangence que l'air extérieur exerce continuellement son action oxydante et effectue ainsi la dépolarisation.

Comme disposition pratique, les éléments sont réunis en batterie, de façon à former un appareil qui permet de charger et de décharger la pile par un simple mouvement de robinet, et d'éviter toute communication humide et par suite toute perte d'électricité par dérivation. En ayant soin de renouveler le liquide excitateur et le zinc, l'appareil peut servir presque indéfiniment, puisque l'agent oxydant se renouvelle de lui-même.

La force électromotrice du couple chargé avec la potasse caustique est de 1 1/2 volt en moyenne; avec l'acide pur dilué au 1/10, elle est de 1,16 volt. Avec un couple d'argent dont le vase poreux de bonne qualité avait 14 centimètres de hauteur et 35 millimètres de diamètre, la résistance ne s'est trouvée que de 1,3 ohm.

Pour donner une idée de la rapidité de dépolarisation, je terminerai en disant qu'en fermant le circuit (d'une résistance de 10 ohms) pendant dix minutes, la force électromotrice a diminué d'environ 16 pour 100, et qu'elle est revenue à sa valeur initiale après trois minutes d'ouverture du circuit.

(*Comptes rendus.*)

Nouvelle lampe électrique à incandescence, fonctionnant à l'air libre.

Par M. Em. Reynier.

La nouvelle lampe électrique à incandescence repose sur le principe suivant: si une mince baguette de carbone, pressée

latéralement par un contact élastique et poussée, suivant son axe, sur un contact fixe, est traversée entre ces deux contacts par un courant assez énergique, elle devient incandescente dans cette partie, et brûle en s'amincissant vers l'extrémité. A mesure que l'usure du bout se produit, la baguette, continuellement poussée, progresse en glissant dans le contact élastique, de manière à buter sans cesse sur le contact fixe. La chaleur développée par le passage du courant dans la baguette est grandement accrue par la combustion du carbone.

Des dispositifs très-simples permettent de réaliser le principe de cette lampe.

Cet appareil donne une lumière nette et blanche avec *quatre* éléments Bunsen. Avec des sources électriques plus puissantes on peut illuminer plusieurs lampes de ce système, et obtenir ainsi le fractionnement de la lumière électrique.

(*Comptes rendus.*)

Pile électrique à un seul liquide

De M. T. Jourdan.

Les électrodes sont, l'une en zinc, l'autre en plombagine; le liquide est une solution aqueuse du mélange désigné par les droguistes sous le nom de sel de verre ou fiel de verre. D'après l'auteur, cette pile aurait, à dimensions égales, une valeur supérieure à celle de la pile de Bunsen : la constance du courant serait surtout remarquable.

(*Comptes rendus.*)

Pile Maiche.

Les renseignements suivants complètent ceux déjà donnés tome IV, page 473.

Le platinage du charbon ne se renouvelle pas, il se fait une fois pour toujours. Il s'obtient très-simplement : les morceaux de charbon étant taillés et lavés à l'eau, puis séchés, sont plongés dans une solution composée de cinq grammes de bi-

chlorure de platine pour cent grammes d'eau, puis étant égouttés, on les chauffe au rouge sombre; étant refroidis, on les lave dans l'eau pure en les frottant avec une brosse douce, et ils sont prêts à servir.

Un élément renfermant un litre d'eau coûte environ deux francs quarante centimes, soit :

Bocal en verre.	0f.40
Couvercle en caoutchouc.	0 .10
Charbon platiné.	0 .30
Deux presses ou serre-lames en cuivre.	0 .30
Platine.	0 .70
100 grammes zinc.	0 .07
Mercure.	0 .50
Acide sulfurique.	0 .03
Total.	2f.40

Étude sur le Téléphone,

Par M. Dubois-Reymond (*).

Le 30 novembre dernier, je fis part à la Société de physiologie de Berlin de quelques remarques sur le téléphone, destinées à mettre en lumière de la façon la plus simple la théorie de cet instrument. Je montrai comment les oscillations du potentiel magnétique, proportionnelles aux vibrations pendulaires de l'air devant le téléphone A, devaient avoir pour conséquence unique la production du mouvement vibratoire à peu près proportionnel dans l'air derrière le téléphone B. Il est certain, cependant, que les choses se passent en réalité d'une manière plus compliquée.

La vibration élémentaire de l'air dans le cas d'un mouvement périodique composé n'a pas simplement pour expression

$$x = \sin t,$$

ainsi que je l'ai admis pour abréger, mais

$$x = A \,.\, \sin (2\pi m t + B)$$

A et B étant des constantes dépendant de la lettre m. Celle-ci

(*) Voir même tome, page 162 et suivantes.

prend elle-même successivement les valeurs n, $2n$, $3n$..... qui indiquent les nombres de périodes simples par seconde. Il en résulte la relation :

$$P = \text{const. A. sin } [2\pi mt + B],$$

et

$$\frac{dP}{dt} = \text{const. A}\,.\,2\pi m \cos\,[2\pi tm + B].$$

Cette dernière équation montre que, par suite de la transformation des oscillations sinusoïdes en ondes électriques cosinusoïdes, non-seulement les différences de phases s'entremêlent les unes aux autres, mais qu'en outre l'amplitude des ondes électriques cesse d'être proportionnelle aux variations du potentiel et qu'elle augmente même avec la valeur de m.

En général, l'intensité des tons partiels d'un son décroît rapidement avec l'ordre croissant des harmoniques, ce qui revient à dire que A est une fonction de m qui diminue rapidement à mesure que son argument augmente. Par exemple il est de fait que la septième harmonique d'une corde ne peut presque plus être perçue par l'oreille. Il est vrai, pourtant, que toute harmonique peut être accidentellement renforcée par la présence d'un résonnateur approprié, ainsi que cela a lieu pour les sons des voyelles dont le timbre est dû à cette circonstance. . . . .

Il est incontestable qu'il doit en résulter une altération du timbre; mais la modification qu'implique la théorie n'est pas plus marquée que celle qui s'observe dans la pratique.

(*Archives de Genève*.

Perfectionnements au Téléphone,

Par M. Maiche.

Quand on écoute pour la première fois la voix d'une personne connue transmise par le téléphone, on est frappé d'un certain timbre métallique très-prononcé.

J'ai cherché à supprimer cette imperfection, et voici comment j'y suis arrivé :

Je tends au-devant du barreau aimanté une membrane en

caoutchouc ayant 4 centimètres de diamètre au plus, sur 1 millimètre d'épaisseur; au centre de cette membrane je colle un disque de fer-blanc de la même épaisseur au moins, ayant 3 centimètres de diamètre, et je découpe le caoutchouc en regard de l'aimant, sur un diamètre un peu plus grand que celui de l'aimant. Le caoutchouc étant bien tendu, on peut le disposer très-près de l'aimant, à moins de 1 millimètre.

Je réunis ainsi deux conditions qui semblent opposées: 1° une épaisseur de fer suffisante pour réagir sur l'aimant assez énergiquement et développer des courants induits assez intenses; 2° une sensibilité vibratoire qui permet de recueillir des sons extrêmement faibles. En outre, la voix entendue est absolument celle d'une personne parlant à une distance de quelques mètres; le timbre ne subit aucune altération, toutes les nuances sont conservées de la manière la plus parfaite.

J'ai trouvé que des aimants longs de 40 centimètres, sur lesquels j'enroule le fil sous une longueur égale au tiers de celle de l'aimant et un petit nombre de rangs sont beaucoup plus sensibles que les aimants courts.

La distance à laquelle le son peut se transmettre dépend surtout de la grosseur et de la longueur du fil enroulé sur l'aimant et de la section des conducteurs.

Un fil de cuivre de 1 centimètre de diamètre et de 20 centimètres de longueur, faisant quatre ou cinq tours sur le barreau aimanté, suffit pour transmettre le son à une distance de quelques mètres; mais, pour les grandes distances, le fil ne saurait être trop fin et trop bien isolé.

J'ai remarqué que la membrane devant laquelle on parle pouvait être beaucoup plus grande que celle que l'on doit écouter: la première peut avoir 8 à 10 centimètres de diamètre; mais celle du récepteur doit être beaucoup plus petite, et j'ai cru pouvoir fixer le maximum de sensibilité entre 30 et 40 millimètres de diamètre.

(*Les Mondes*).

Le Gérant : Dunod. — Imprimerie Arnous de Rivière, 26, rue Racine.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1878 **Septembre-Octobre.**

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878.

PRODUITS

SE RAPPORTANT

A LA TÉLÉGRAPHIE, A L'ÉLECTRICITÉ

ET A

LEURS APPLICATIONS DANS LES DIVERSES CLASSES

Extrait du *Catalogue* (*).

GROUPE II. — CLASSE 8.

MATÉRIEL DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR.

FRANCE.

Planté (G.), à Paris, rue des Tournelles, 56. — Recherches sur l'électricité (ouvrage). — Tableaux et appareils destinés à l'étude des courants secondaires et des phénomènes produits par les courants électriques de haute pression.

GRANDE-BRETAGNE.

South Kensington Museum, London. — Objets d'art reproduits par l'électrotypie.

(*) Voir même tome, pages 211 et 353.

SUISSE.

Commission géodésique suisse. — Détermination télégraphique de la différence de longitude entre des stations suisses; par E. Plantamour, R. Wolf et A. Hirsch.

CLASSE 9.

IMPRIMERIE ET LIBRAIRIE.

GRANDE-BRETAGNE.

Blockie et C°, Glasgow. — Électrotypie.

The Graphic, journal illustré, 190 Strand, London. — Moules de cire; caractères pour le procédé galvanique.

Stewart, 50, Colebrooke Row, Islington, London. — Deux livres intitulés: « *Correspondance internationale*, *système facile de chiffrer au moyen duquel les personnes de différentes nations peuvent communiquer l'une avec l'autre.* » Londres, 1874. *Moyen d'apprendre l'alphabet Morse dans une demi-heure* », Londres, 1876; publié par Marlbrough et C°, 51, old Bailey, London.

Typographic Etching Cy, 23, Farringdon street, London. — Bloc de caractères obtenus par le procédé électro-galvanique pour impression en caractères mobiles.

SUISSE.

Orell Füssli et C°, à Zurich. — Produits galvanoplastiques.

Reider et Simmen, à Berne. — Documents des conférences télégraphiques internationales de Rome (1872) et de Saint-Petersbourg (1876).

CLASSE 10.

MATÉRIEL DES ARTS DE LA PEINTURE ET DU DESSIN.

SUISSE.

Brunschweiler et fils, à Saint-Gall. — Couleurs grasses pour appareils télégraphiques (Morse et Hughes).

CLASSE 11.

APPLICATIONS USUELLES DES ARTS DU DESSIN ET DE LA PLASTIQUE.

FRANCE.

Cottens et Capelle, à Paris, rue Mouffetard, 52. — Reproduction de gravures en taille-douce par la galvanoplastie.

Riche, Ramond et C°, à Marseille, rue de Rome, 13. — Reproductions galvanoplastiques.

Rogeau et C°, à Paris, rue Grenier Saint-Lazare, 16. — Moule sans dépouille pour la galvanoplastie.

Soguel, à Bordeaux, rue des Piliers-de-Tutelle, 12. — Gravures en couleur par l'électrochromie.

Thuillier, à Sèvres.— Effaçures et rebouchage sur des planches gravées par la galvanoplastie.

Vuilleaume et Joussèry, à Paris, rue Saint-Jacques, 277. — Reproductions électro-chimiques sur métaux de planches gravées en taille-douce.

AUTRICHE.

Kraus, à Vienne, VII, Richtergasse, 7. — Modèles galvanoplastiques pour la démonstration du terrain.

Waldeim, à Vienne, 11, Taboztstrasse, 52. — Galvanoplastie.

CLASSE 14.

MÉDECINE, ETC.

FRANCE.

Edard (G.), à Paris, rue des Feuillantines, 74. — Appareils électro-magnétiques.

Encausse (L.), à Paris, avenue Trudaine, 20. — Appareils d'électrothérapie.

Galffe (L. A.), à Paris, rue Saint-André-des-Arts, 40. — Appareils électro-médicaux.

Guérin (E.), à Paris, rue du temple, 55. — Appareils électro-médicaux.

Moreau (L.), à Saint-Jean-d'Angle (Charente-Inférieure). — Pile électro-médicale.

Trouvé (G.), à Paris, rue Thérèse, 6. — Appareils d'électrothérapie. — Appareils électriques d'exploration et d'extraction médicales, etc.

Tricourt (A. H.), à Reims (Marne). — Appareils photo-électrique.

GRANDE-BRETAGNE,

Gray et Cᵉ, Sheffield. — Machines magnéto-électriques.

Rein et John, 108, Strand London. — Machines magnéto-électriques.

ÉTATS-UNIS.

Byrne, à Brooklyn. — Pile électrique pour cautériser.

AUTRICHE.

Grüner, à Feldkirch (Voralberg). — Appareils d'induction électro-magnétique.

JAPON.

Ministère de l'instruction publique.— Appareils d'électro-thérapie. Appareils électriques pour chercher les balles restées dans les chairs.

CLASSE 15.

INSTRUMENTS DE PRÉCISION.

FRANCE.

Alvergniat frères, à Paris, rue de la Sorbonne, 10. — Tubes de Geissler.

Boivin, à Paris, rue Saint-Berthoud, 4. — Boussoles.

Boucart (G. J.), à Paris, rue du Faubourg-Saint-Jacques, 21. — Machine à écrire.

Bouquet de la Grye, à Paris, rue du Bac, 104. — Appareils pour les tremblements de terre.

Bourdon père (C.), à Paris, rue du Faubourg-du-Temple, 74. — Anémomètre enregistreur.

Bréguet (L. R. C.), à Paris, quai de l'Horloge, 39. — Anémographes; psychrographe. — Pile à courants secondaires de Planté. — Appareils enregistreurs. — Le téléphone capillaire de Bréguet fils. — Électromètre capillaire de Lippmann.

Breton (A. E.), à Paris, avenue Victoria, 8. — Machines électriques. — Appareil électro-magnétique pour la médecine.

Carpentier (successeur de Ruhmkorff), à Paris, rue Champollion, 15. Bobines d'induction, etc.

Carré (E. E.), à Paris, rue d'Assas, 24. — Régulateur électrique. — Machines diélectriques.

Casse (C.), à Paris, rue du Terrage, 15. — Boussoles.

Collect (A. F.), à Paris, rue Montmartre, 118. — Enregistreurs, compteurs, etc.

Deflez, à Paris, rue Saint-Séverin, 34. — Machines électriques.

Defrançois, à Paris, quai de l'Horloge, 37 *bis*. — Pantographes. — Petites machines électriques et accessoires.

Deschiens (J. E.), à Paris, boulevard Saint-Michel, 123. — Chronographe et appareils télégraphiques.

Duboscq (L. J.), à Paris, rue de l'Odéon, 21. — Appareils de démonstration par projection pour l'enseignement de la physique dans les cours publics.

Duchemin (E.), à Paris, rue de Clapeyron, 25. — Boussoles marines à aimants circulaires.

Ducretet et Cᵉ, à Paris, rue des Ursulines, 21. — Matériel complet pour cabinet de physique.

Dumoulin-Froment, à Paris, rue Notre-Dame-des-Champs, 85. — Machine automatique à diviser la ligne droite et les cercles. — Comparateur de mesures, boussoles, compas de marine.

Fontaine (H.), à Paris, rue Saint-Georges, 52. — Lampe électrique et machine de Gramme pour laboratoire.

Gaiffe (L. A.), à Paris. rue Saint-André-des-Arts, 40. — Appareils électriques; instruments de mesure électrique.

Gavard (A.), à Paris, quai des Orfèvres, 70. — Pantographes.

Gillet (C.), à Bartezieux (Charente). — Niveau enregistreur à chariot. — Anémomètre à girouette.

Guérin, à Paris, rue du Temple, 55. — Appareils électriques.

Hardy (E.), à Paris, avenue de Lamothe-Piquet, 6. — Anémomètres enregistreurs. chronographes, lock électrique, machine électro-magnétique.

Henry Lepaute fils, à Paris, rue de Lafayette, 6. — Enregistreurs du niveau des eaux.

Huetz,, à Paris, rue du Montparnasse, 47. — Modèle d'un système de machine magnéto électrique.

Jamain (L.), à Paris, rue du Pont-Louis-Philippe, 6. — Tubes de Geissler.

De Lostelle, à Saint-Mâlo (Ille-et-Vilaine). — Boussoles et instruments de météorologie.

Lippert jeune (C. A.), à Paris, rue Neuve-Saint-Merry, 11. — Appareils électriques.

Loiseau fils, à Paris, rue Fontaine-au-Roi, 57. — Appareils électriques.

Luizard, à Paris, rue d'Arcole, 21. — Machines électriques.

Mathieu, à Paris, rue de Saintonge, 20. — Appareils d'électricité.

Dépôt de la guerre. — Héliotrope. — Miroir collimateur de nuit pour signaux géodésiques.

Molteni (A.), rue du Château-d'Eau, 44. — Boussoles marines.

Neumann, à Paris, rue Belhomme, 3. — Anémomètres.

Observatoire météorologique de Montsouris. — Baromètre, balance enregistreur, psychromètre enregistreur, actinomètre enregistreur, thermomètre enregistreur. — Electromètres Thomson simplifiés.

Postel-Vinay, à Paris, rue Vanneau, 38. — Matériel télégraphique et compas de marine.

Pulvermacher, à Paris, rue Saint-Marc, 39. — Chaîne électrique médicale.

Redier et Cᵉ, cour des Petites-Écuries, 8. — Baromètres, thermomètres, pluviomètres et évaporomètres enregistreurs. — Anémomètres, anémoscopes et électromètres enregistreurs. — Cinémomètres.

Seguy (Vᵉ H.) et fils, à Paris, rue Monsieur-le-Prince, 53. — Tubes de Geissler.

Serrin (V.), à Paris, boulevard Saint-Martin, 1. — Régulateurs automatiques de la lumière électrique, et appareils servant à l'application de la lumière électrique.

Vibert (E.), au Puy (Haute-Loire). — Anémoscopes.

GRANDE-BRETAGNE.

Bell Graham, 115, Cannon street, London. — Téléphone articulant avec avertisseur et accessoires.

Darton et Cᵉ, 72, Saint-John street, West Smithfield, London. — Lampe galvanique automatique avec réflecteur. — Appareil spectral à lanterne électrique pour projeter les spectres métalliques. — Batteries et bobines galvaniques pour la médecine.

Légé et Cᵉ, 20, Cross street, London. — Machine universelle à calculer les marées de sir W. Thomson. — Maréographe de sir W. Thomson.

Pillischer, 88, New Bond street, London. — Barométrographe.

Negretti et Lambra, 122, Regent street, London. — Instruments météorologiques à enregistrement automatique. — Anémomètres. — Thermomètre à enregistrement automatique pour emplois sous-marins et atmosphériques. — Thermomètre de Miller pour emplois sous-marins, avec cuvette protégée.

Tisley et Cᵒ. 172, Brompton Road, London. — Harmonographe, servant à tracer les courbes des vibrations harmoniques (courbes de Lissajoux ou de Meldés).

Colonies anglaises.

Canada.

Potter, à Toronto. — Téléphone.

SUÈDE.

Sörensen, à Stockholm. — Météorographe imprimeur de Theorell.
Wiberg, à Stockholm. — Boîte aux lettres avec appareil de contrôle.

NORWÉGE.

Wedel, à Jarlsberg. — Système de signaux de nuit. — Machine à lock. — Boussole de redressement.

RUSSIE.

Flavitzki, à Saint-Pétersbourg. — Anémomètre à compteur automatique avec timbre,
Schwedoff, à Odessa. — Pompes pour charger les batteries galvaniques.
Teploff, à Saint-Pétersbourg. — Électrophone perfectionné.

AUTRICHE.

Hess, à Vienne, Funfhaus Linkgasse, 12. — Charbons et piles électriques.
Noé, à Vienne, Funfhaus, Bellgasse, 12. — Pile thermoélectrique.
Vlacovich, à Trieste. — Piles électriques.

SUISSE.

Société genevoise pour la construction d'instruments de physique à Genève. — Appareil d'Ampère. — Aiguilles thermo-électriques. — Galvanomètre Colladon. — Lampe électrique Burgin.

BELGIQUE.

Jaspar, à Liége, rue Jonfosse, 12. — Chronographe Le Boulengé. — Clepsydre électrique Le Boulangé.
Mouly, à Bruxelles, avenue du Midi, 24. — Anémomètre.
Vandervoot Cornet, à Anvers, avenue Charlotte. — Boussole marine.

DANEMARCK.

Bloch, à Copenhague. — Dendromètre, pour mesurer la hauteur et les dimensions des arbres.
Hagemann, à Copenhague. — Anémomètre.
La Cour, à Copenhague. — Roue phonique à mouvements isochrones, mue et réglée par un courant phono-électrique.

PAYS-BAS.

Olland, fabricant à Utrecht. — Météréographe enregistrant à distance.
Van Wetteren, maître forgeron à Harlem. — Grand aimant artificiel en fer à cheval, poids 43 kilog., force portative permanente 280 kilog. —

Deux barreaux magnétiques de compensation pour les navires en fer. — Deux aiguilles cylindriques creuses pour galvanomètre.

ITALIE.

Mannelli, à Reggio Emilia. — Baromètre électrique. — Pile avec diaphragme en soufre.

GROUPE III. — CLASSE 17.

MOBILIER.

GRANDE-BRETAGNE.

Winfield et C°, Birmingham. — Cuivre filé pour la télégraphie.

CLASSE 20.

CÉRAMIQUE.

ITALIE.

Marquis Ginori Lisci, à Florence. — Porcelaines pour la télégraphie.

CLASSE 24.

ORFÉVRERIE.

GRANDE-BRETAGNE.

Elkington et C°, Newhall street, Birmingham. — Électro-plaqué. — Objets en argent massif et autres métaux ciselés, plaqués, oxydés et dorés par le galvanisme. — Argenture, dorure, etc., par l'électro-galvanisme. — Reproductions galvanoplastiques.

Ridge, Woodcock et Hardy, Sheffield. — Électro-plaqué.

Shaw et Fisher, Sheffield. — Électro-plaqué d'argent et de Nickel.

SUÈDE.

Brose, à Stockholm. — Galvanoplastie.

Société des orfévres, à Stockholm. — Galvanoplastie.

PAYS-BAS.

Van Kempen et fils, à Voorschoten. — Usine d'électro-métallurgie.

CLASSE 25.

BRONZES ET FONTES D'ART.

RUSSIE.

Balson frères, à Saint-Pétersbourg. — Ouvrages galvanoplastiques.

AUTRICHE.

Kraus, à Vienne. — Galvanoplastie. (Voir cl. 11.)

CLASSE 26.

HORLOGERIE.

FRANCE.

De Combettes et Cᵉ, à Paris, rue de Bondy, 92. — Pendule électrique, récepteur d'heure, sonnerie d'heure électrique.

Foucher, à Paris, rue de Bondy, 32. — Chronographes et compteurs.

Garnier, à Paris, rue Taitbout, 6 et 16. — Compteurs, contrôleurs, etc.

Goudolo et Callier, à Paris, boulevard du Palais, 5. — Horlogerie électrique.

Henry Lepaute, à Paris, rue de Lafayette, 6. — Horloge électrique du ministère des travaux publics.

Japy, Marti et Roux, usines à Beaumont, Montbéliard, Berne et Vieux-Charmont. — Télégraphie, etc.

Mathieu (L. A.), à Paris, rue de Saintonge, 20. — Horlogerie électrique.

Tabier (C.), à Rennes (Ille-et-Vilaine). — Pendule électrique.

ALGÉRIE.

Bérenger, à Blidah (Alger). — Moteur électro-magnétique applicable à l'horlogerie.

Levasseur, à Milianah (Alger). — Nouveau moteur pouvant s'appliquer à diverses machines, et spécialement aux mouvements d'horlogerie.

GRANDE-BRETAGNE.

Bennett, sir John, 64 et 65, Cheapside, London. — Régulateur automatique surmonté d'un globe à heures, s'élevant toutes les heures au moyen d'une machine régulatrice et tombant au moyen d'un courant électrique, rectifiant ainsi toute erreur possible à 1/10 de seconde près.

Riego, 284, Regent street, London. — Horloge électrique pour enregistrement chronographique.

Shick, 58, Rahere street, Groswall Road, London. — Chaînes à jour pour instruments télégraphiques.

ESPAGNE.

Aguirre y Diez, à Soria. — Horloge à cadran électrique.

AUTRICHE.

Mayrhofer, à Vienne. — Appareil pneumatique pour votes d'assemblée. (Voir cl. 65.)

Société des horloges pneumatiques, à Vienne. — Horloges pneumatiques.

ITALIE.

Hocke, à Udine. — Horloge électrique à pendule.

Massetti, à Bologne. — Transmission électrique du mouvement d'horloge.

Pardon, Chemins de fer de la haute Italie, à Milan. — Horloge régulatrice à transmission électrique. — Horloge angulaire avec trois cadrans,

avec moteur électrique. — Horloge pour cantonniers, avec moteur électrique.

CLASSE 27.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE.

FRANCE.

La fabrication des appareils servant à l'éclairage électrique comprend:

La fabrication des piles, presque nulle aujourd'hui, et celle des machines dynamo-électriques, qui se fait exclusivement, à Paris, dans sept établissements;

La fabrication des lampes ou régulateurs de lumière électrique, spécialisée, également à Paris, dans huit maisons;

Celle des crayons de graphite et des crayons artificiels, qui occupe à Paris un certain nombre d'ouvriers et de petits industriels;

Celle des lanternes, suspensions, câbles conducteurs et accessoires divers, concentrés dans huit établissements;

Et enfin la fabrication des appareils spéciaux pour application de la lumière électrique aux phares, à la marine et à la guerre, qui alimente trois maisons seulement.

Dans la construction des machines dynamo-électriques on peut distinguer la partie mécanique, qui est exécutée par le personnel et avec les outils ordinaires des ateliers mécaniques, et la partie électrique, pour laquelle il a fallu former des ouvriers spéciaux dont le salaire varie de 4 à 8 francs par jour.

En 1867, une seule application sérieuse de la lumière électrique avait été faite à l'éclairage des phares de la Hève. Depuis trois ans les perfectionnements et l'abaissement du prix des machines dynamo-électriques ont fait surgir de nombreuses applications à la guerre, à la marine, et surtout pour l'éclairage des grands établissements industriels. Enfin, une invention toute récente, celle des bougies électriques, qui paraît constituer la première solution pratique de la divisibilité de la lumière produite par un courant électrique déterminé, semble promettre à cette industrie, dans un avenir très-rapproché, un développement considérable.

On peut évaluer actuellement la production annuelle à 400 machines dynamo-électriques, représentant, avec leurs accessoires, une valeur de 1 million de francs. (*Extrait du Catalogue.*)

Compagnie de l'Alliance (Miot et Cie), à Paris, rue Dufresnoy, 25. — Machine magnéto-électrique pour lumière à quatre disques. — Machine magnéto-électrique à huit bobines, tournant à la main.

Balestrieri, à Paris, rue Taranne, 10. — Appareils et procédés d'éclairage électrique.

Bréguet (L. V. C.), à Paris, quai de l'Horloge, 39. — Machine magnéto-électrique de Gramme, de Jablochkoff, etc. — Lampes électriques.

Carré (E.), à Paris, rue d'Assas, 24. — Lampes électriques. — Charbons artificiels.

Delaporte (C.), à Paris, rue Basse-du-Rempart, 76. — Nouveau régulateur

pour lumière électrique. — Fleurs lumineuses. — Appareil pour rendre les jets d'eau lumineux.

Delaporte (G. A. G.), à Paris, rue des Bourdonnais, 37. — Chalumeaux à air et au gaz oxygène. — Appareils électriques et oxyhydriques pour l'éclairage des théâtres et fêtes publiques, etc.

Jablochkoff (P.) **et Denayrouze** (L.), à Paris, avenue de Villiers, 61. — Appareils pour la production de la lumière électrique (système Jablochkoff).

Lontin et Ce, à Paris, rue Taranne, 10. — Appareils et procédés d'éclairage électrique.

Mignon et Rouard, à Paris, boulevard Voltaire, 135. — Appareils pour l'éclairage par l'électricité.

Ministère des travaux publics (Paris). — Appareil lenticulaire pour feu oscillant électrique faisant succéder trois éclats blancs à un éclat rouge (Sautter, Lemonnier et Ce, constructeurs). — Machine électro-magnétique de l'Alliance (Van Malderen, constructeur). — Machine magnéto-électrique de Gramme. — Locomobile de Rouffet. — Régulateur Serruis.

Reynier (E.), à Paris, avenue de l'Observatoire, 19. — Lampe électrique à progression indépendante fonctionnant vingt-quatre heures. — Rhéophores pour la lumière électrique.

Sautter, Lemonnier et Ce, à Paris, avenue de Suffren, 26. — Appareils d'éclairage électrique pour les ateliers.

Société des machines Gramme (administrateur, H. Fontaine), à Paris, rue Saint-Georges, 52. — Machines magnéto-électriques, système Gramme, et accessoires.

Suisse, à Paris, rue des Grands-Augustins, 23. — Lampes électriques.

HONGRIE.

Stein, à Bude-Pest. — Appareils d'éclairage électrique.

BELGIQUE.

Jaspar, à Liége, rue Jeufosse, 12. — Appareil photo-électrique.

GROUPE IV. — CLASSE 42.

BIMBELOTTERIE.

FRANCE.

L. de Combette et Ce, à Paris, rue de Bondy, 92. — Télégraphes en miniature. — Locomobile et locomotive électriques.

Hasle (J. C^e), à Paris, rue Chanoinesse, 24. — Machines électriques.

Pfeiffer (J.), à Paris, passage des Princes, 34. — Appareils de physique scientifique sous forme de jouets.

GRANDE-BRETAGNE.

The scientific Toy et general Novelty C^e, Sem Works, 42 A, Cleth fair, Smithfield, London. — Jouets scientifiques, électricité, magnétisme, etc.

GROUPE V. — CLASSE 43.

PRODUITS DE L'EXPLOITATION DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE.

FRANCE.

Les procédés de l'électro-métallurgie donnent naissance à des produits de plus en plus variés et nombreux; les procédés généraux sont resté les mêmes depuis 1867, quant à la précipitation des métaux. Quelques piles nouvelles ont été imaginées pour rendre plus économique la production du fluide électrique; les progrès les plus marqués sont ceux de la préparation des moules et de la disposition mieux entendue des appareils. (*Extrait du Catalogue.*)

Beauferey, à Paris, rue Charlot, 31. — Application de l'or, de l'argent et du nickel sur tous métaux par procédés électro-chimiques.

Bertrand (A.), à Paris, rue des Archives, 3. — Orfévrerie par la galvanoplastie.

Bonis, à Paris, rue Montmartre, 18. — Fils de fer, de cuivre, de maillechort, de platine, tréfilés, étamés.

Calibre, à Paris, rue Réaumur, 46. — Coffrets à bijoux, cadres métalliques et en galvanoplastie.

Caussinus, à Paris, rue Saint-Thomas-d'Aquin, 1. — Métallisation du plâtre.

Christofle et Cie, à Paris, rue de Bondy, 56. — Produits galvanoplastiques en divers métaux, statues, ronde-bosse, bas-reliefs, etc. — Produits dorés, argentés, nickelés, etc.

Cubain, à Courteuilles (Eure). — Tréfilerie du cuivre rouge et allié.

Dallemagne, à Paris, rue Grange-aux-Belles, 59. — Fers tréfilés et fils de fer.

Delcelier, à Eu. — Fers galvanisés.

Denille, à Creil. — Tréfilerie et galvanisation de fils de fer.

Durand jeune, à Périgueux. — Fils de fer.

Feuquières, à Paris, rue de Sèvres, 89. — Objets en or, argent, fer, acier, étain, cuivre, bronze, produits par la galvanoplastie.

Folie et Cie, à Paris, rue des Gravilliers, 16. — Statuettes, pendules, etc., décorées en nickel et or par la galvanoplastie.

Fourmon (Ve), à Paris, rue Grenier-Saint-Lazare, 11. — Vis et pièces pour l'électricité.

Gaiffe, à Paris, rue Saint-André-des-Arts, 40. — Objets nickelés par la galvanoplastie.

Jamin et Cie, à Eurville (Haute-Marne). — Fils de fer.

Jeanmaire, à Paris, rue des Bons-Enfants, 32. — Galvanoplastie artistique.

Lionnet, à Paris, rue de la Verrerie, 52. — Matériel de métallurgie électro-galvanique.

Pallet, à Paris, rue Saint-Sébastien, 30. — Œuvres d'art galvanoplastiques.

Selle, à Paris, avenue de Saint-Mandé, 62. — Statuettes, etc., en plâtre recouvert de bronze par la galvanoplastie.

Hauts fourneaux et fonderies du Val-d'Osne, boulevard Voltaire, 58. — Fontes moulées, cuivrées par la galvanoplastie.

GRANDE-BRETAGNE.

Newall, Gateshead on Tyne. — Câbles télégraphiques sous-marins. — Paratonnerres.

The Phosphor bronze et Ce, 139, Camew street, London.— Fils pour la télégraphie.

Shaw, Sheffield. — Paratonnerres et fil de cuivre.

Smith, Caledonia Works, Halifax, Yorkshire. — Fils de fer galvanisés pour fils télégraphiques.

Vivian, 46, George street, Birmingham. — Maillechort.

Warrington Wice Kope Works, 13, Gone Piazzas, Liverpool. — Corde pour signaux de chemins de fer. — Paratonnerre en cuivre.

Wiggin, 55, George street, Parade, Birmingham. — Plaques de nickel pour le procédé galvanique.

RUSSIE.

Borissoff et Ce, province de Kouban. — Ozokérite.

AUTRICHE.

Bernskeis, à Boryslaw (Gabor). — Ozokérite.

Burger, à Gratz (Styrie). — Fils de fer et d'acier.

Dobel, à Boryslaw. — Ozokérite.

Krisch fils, à Karlsdorf (Moravie). — Fils de fer.

Mühlbachez, à Waidisch (Carinthie). — Fils de fer.

CLASSE 44.

PRODUITS DES EXPLOITATIONS ET INDUSTRIES FORESTIÈRES.

HONGRIE.

Bibel et l'Administration royale forestière. — Poteaux télégraphiques.

AUTRICHE.

Gottlieb, à Vienne, Tabortstrasse, 27. — Bois, traverses.

Goetz, à Vienne, Kolowrating, 9. — Poteaux.

C^el Libert de Paradis, à Vienne, Haupkstrasse, 63. — Poteaux.

Prince de Lichtenstein, à Vienne, Herrengasse, 6. — Poteaux.

Munk, à Vienne, Hirschengasse, 43. — Poteaux.

Poppes de Podhragy, à Vienne. — Poteaux.

Albert de Rothschild, à Vienne. — Poteaux.

Prince Schwartzemberg, à Vienne. — Poteaux.

CLASSE 45.

PRODUITS DES CUEILLETTES.

COLONIES FRANÇAISES.

Sénégal.

Marc Merle neveu et Robert, à Saint-Louis. — Caoutchouc, gutta percha.

CLASSE 46.

PRODUITS AGRICOLES NON ALIMENTAIRES.

BELGIQUE.

Vanderplasse, à Molenbeck-les-Bruxelles. — Huile pour horlogerie et appareils télégraphiques.

CLASSE 47.

PRODUITS CHIMIQUES.

FRANCE.

Bergucrand, à Paris, rue des Archives, 16. — Articles en caoutchouc souple et durci.

Boveley et Cᵉ, à Paris, rue des Entrepreneurs, 43. — Caoutchouc à tous emplois.

Charlot et Cᵉ, à Paris, rue Saint-Ambroise, 25. — Caoutchouc manufacturé.

Guibal et Cᵉ, à Paris, rue Vivienne, 40. — Produits en caoutchouc manufacturé.

Hutchingen et Cᵉ, à Paris, rue d'Hauteville 1. — Articles en caoutchouc.

Ménier (E.), à Paris-Grenelle, rue du Théâtre, 7. — Caoutchouc et gutta-percha bruts et manufacturés. — Câbles télégraphiques. — Câbles souterrains et sous-marins. — Appareils d'essais.

Rattier et Cᵉ, à Paris, rue d'Aboukir, 4. — Produits manufacturés en caoutchouc et gutta-percha.

The India-Rubber, Gutta-percha et Telegraph Works Company, à Persan-Beaumont (Seine-et-Oise). — Caoutchouc manufacturé.

Torrilhon et Verdier, à Chamelières (Puy-de-Dôme). — Caoutchouc manufacturé.

Decourdemanche (A.) **et Cᵉ**, à Paris, rue du Faubourg-Saint-Martin, 218. — Courroies, tuyaux, etc., en gutta-percha et caoutchouc.

Lejeune, à Paris, rue Notre-Dame-de-Nazareth, 39. — Tubes et feuilles en caoutchouc.

Lerenard fils et Benjamin, à Maisons-Alfort. — Objets en caoutchouc destinés à l'industrie.

Le Tellier et Verstraet, à Paris, rue Turbigo, 47. — Produits de l'industrie du caoutchouc et de la gutta-percha.

De Plazanet, à Paris, rue des Gravilliers, 23. — Produits chimiques divers pour l'électro-chimie.

Serbal, à Saint-Saulve (Nord). — Produits isolateurs.

Villiard (G.), aux Lilas (Seine), rue de Paris, 44. — Produits de l'industrie du caoutchouc.

ÉTATS-UNIS.

Day, à New-York, Broadway, 120. — Enduit isolateur ou kérite.

NORWÉGE.

Fabrique de chrome de Leeren, à Trondhjem. — Bichromate de potasse.

RUSSIE.

Cᵉ de la Manufacture russo-américaine. — Caoutchouc.

Cᵉ de la Manufacture anglo-russe. — Caoutchouc.

AUTRICHE.

Dobel, etc. (voir cl. 43). — Ozokérite ou cire minérale.

Fabrique d'articles en caoutchouc, à Vienne. — Caoutchouc pur et durci.

Gastenberg, Lauterbach et Goldhanneer, à Drohobyer (Galicie). Ozokérite, paraffine.

Sary et Cᵉ, à Vienne, Schwindgasse, 7. — Ozokérite, paraffine.

Wagenmann, à Vienne, 1, Maximilian strasse, 13. — Ozokérite, paraffine.

Ziffer, Vienne, Gisela strasse, 9. — Cire minérale (ozokérite) pour enduire les fils télégraphiques, etc.

DANEMARK.

Sorensen, à Copenhague. — Enduit pour le fer.

PAYS-BAS.

Lonsbergg, à La Haye. — Échantillons de bois, de métaux, de câbles télégraphiques, etc., préparés avec un enduit préservateur.

GROUPE VI. — CLASSE 50.

MATÉRIEL ET EXPLOITATION DES MINES.

FRANCE.

Bichon, à Paris, quai d'Orsay, 113. — Lampe de mineur à ouverture magnétique.

Bréguet (L.), à Paris, quai de l'Horloge, 39. — Exploseurs magnéto-électriques. — Signaux électriques pour mines. — Machine Gramme avec table pour ouvrir les lampes des mines.

Gaudueri, Mignon et Rouart, à Paris, rue Oberkampf, 149-151. — Charbons agglomérés pour lumière électrique.

Lorne et de Plazanet, à Paris, rue des Gravilliers, 23. — Électro-métallurgie du nickel.

Schooman, à Paris, rue des Cultures-Saint-Gervais, 10. — Bain galvanique pour l'argenture.

ÉTATS-UNIS.

Striedinger et Doerflinger, à Brooklyn (New-York). — Modèle d'appareil à explosion.

Weston dynamo-electric Machine Company, à Newark (New-Jersey). — Procédé mécanique pour plaquer les métaux. — Télégraphe à lumière électrique, etc.

ESPAGNE.

Scheidnagel, lieutenant-colonel du génie, île de San-Fernando. — Emploi de l'électricité pour mettre le feu aux mines.

AUTRICHE.

Mahler, à Vienne, Wallfischgasse, 4. — Inflammation électrique des mines chargées à la dynamite.

SUISSE.

Burgin, à Bâle. — Appareil magnéto-électrique pour l'inflammation des mines. — Machines magnéto-électrique. — Lampe à lumière électrique.

CLASSE 53.

MATÉRIEL DES ARTS CHIMIQUES.

FRANCE.

Compagnie franco-américaine de caoutchouc durci et souple, à Saint-Denis (Seine), rue de la Briche, 30. — Fabrication d'articles en caoutchouc au moyen de cylindres. — Vulcanisation en chaudières à vapeur.

Legris, à Paris, rue de la Tour, 108. — Éléments de pile électrique.

Lionnet, à Paris, rue de la Verrerie, 52. — Matériel de galvanoplastie.

Poirier, à Paris, rue Saint-Maur, 60. — Nickelage par l'électricité.

CLASSE 54.

APPAREILS DE LA MÉCANIQUE GÉNÉRALE.

FRANCE.

Achard, à Paris, rue de Provence, 60. — Embrayage électrique.

Cance, à Paris, rue Sedaine, 28. — Moteur électro-magnétique.

Collin, à Paris, rue Montmartre, 118. — Marégraphes. — Enregistreurs-compteurs et contrôleurs.

Deschiens, à Paris, boulevard Saint-Michel, 123. — Compteurs totalisa-

teurs à mouvement rotatif ou alternatif pour mesurer la vitesse des machines.

Durfort, à Paris, rue Saint-Charles, 77. — Petite turbine à vapeur ou à eau, de M. Humblot, applicable au remontage des poids moteurs des appareils télégraphiques.

Fontaine, à Paris, rue Saint-Georges, 52. — Machine Gramme, pour transmettre la force à grande distance. — Moteur électro-magnétique. — Moteur Fontaine, pour la petite industrie.

Giroud, à Paris, rue des Petits-Hôtels, 27. — Régulateurs et rhéomètres pour tous les fluides.

Jablochkoff et Denayrouse, à Paris, rue de Naples, 52. — Pile électrique motrice de Jablochkoff.

Mathieu, à Paris, rue de Saintonge, 20. — Manomètres métalliques pour vapeur et eau, avec application de l'électricité.

Miquel, à Bordeaux, rue Arnaud-Miqueu, 31. — Moteur électrique.

Lethuillier et Pinel, à Rouen, rue Méridienne, 26. — Indicateur magnétique de sûreté.

Perrotte et Tatin, à Paris, rue de Malte, 12. — Indicateurs magnétiques du niveau de l'eau dans les chaudières.

Puvilland, à Paris, rue de Sèvres, 129. — Moteur électrique. — Électro-aimant mécanique.

Thomasset et Driot, à Paris, boulevard de Vaugirard, 8. — Appareils d'essai à la traction, compression, flexion, torsion pour métaux. — Appareil à essayer les poteaux en fer.

GRANDE-BRETAGNE.

Alley et Maclellan, Sentinel Works, London Road, Glasgow. — Machine pour avertir, au moyen du son ou autrement, lorsque les coussinets des machines deviennent échauffés.

Dewrance et C°, 176, Great Dover street, Southwark, London. — Enregistreur à pression, autographique, sans frictions.

The Patent Nut et Bolt C, London Works, near Birmingham. — Articles pour appareils de télégraphie.

Napier et Sohn, 2, Queen street place, London. — Machine pour le pesage et le classement des monnaies. — Les pièces placées dans une trémie arrivent une à une à l'endroit du pesage. Si une pièce est trop légère, le fléau mis en mouvement détermine un contact électrique, et, par l'effet d'un électro-aimant, un distributeur-classificateur dirige la pièce vers le récipient qui lui est destiné. Les pièces qui ont le poids passent au récipient préparé.

Whitworth, Sir Joseph et C°, 44, Charlton street, Manchester. — Instrument de précision pour mesurer et vérifier toutes les largeurs et longueurs employées dans la mécanique.

SUÈDE.

Brunius, ingénieur, Jönköping. (Voir cl. 64.) — Appareil électrique pour arrêter instantanément les machines d'une fabrique. — Appareil de contrôle.

RUSSIE.

Tschebycheff, à Saint-Pétersbourg.—Régulateur avec mécanisme d'horlogerie.

AUTRICHE.

Makler, à Vienne, etc. — (Voir classe 50).

ITALIE.

Roncalli, à Bergame. — Scrutateur électro-magnétiqne.

PORTUGAL.

Cantua, à Lisbonne. — Appareil électrique.

CLASSES 56 ET 57.

MATÉRIEL DE LA CORDERIE ET DU TISSAGE.

FRANCE.

Blanchard, à Paris, rue Morand, 14. — Machine à couvrir le fil de fer et le laiton pour électricité.

Bourgeois, à Paris, rue Bouret, 7. — Métier pour couvrir les fils électriques métalliques.

Perreaux, à Paris, rue Jean-Bart, 7.—Machines pour essayer les fils télégraphiques.

Radiguet, à Paris, rue du Tage, 20. — Tricoteur mécanique muni d'appareils électriques casse-fils; révélateur; débrayeur.— Machine électro-magnétique de Gramme, remplaçant la pile électrique, disposée pour métiers et leur marche au moteur.

GRANDE-BRETAGNE.

Certaines machines à tisser anglaises ont presque le soin de contrôler les ouvriers préposés à leur garde. La machine s'arrête d'elle-même s'il n'y a pas la qnantité voulue de matière, le nombre voulu de fils, si le fil se brise, etc. Le mécanisme consiste simplement dans un petit appareil électro-magnétique et un fil de cuivre. (*Extrait du Catalogue.*)

Howard et Bullough, Globe Works, Accrington near Manchester.— Machine à carder le coton avec casse-mèche électrique pour le coton.

AUTRICHE.

Burger, à Gratz (Styrie). — Fils de fer et d'acier.

CLASSE 58.

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA COUTURE.

GRANDE-BRETAGNE.

Smith, Warley et Cᵉ, à Coventry. — Moteurs électriques applicables aux machines à coudre et autres machines.

AUTRICHE.

Schreiber, à Vienne, IX, Rossauer Lande, 15. — Moteurs pour petites machines industrielles.

Korossi, à Gratz. (Styrie). — Moteurs à eau, etc.

CLASSE 60.

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA PAPETERIE, DES TEINTURES ET DES IMPRESSIONS.

FRANCE.

Boildieu et fils, à Paris, rue du Regard, 8. — Matériel bois de fer pour la galvanoplastie, etc.

Foucher frères, à Paris, rue Dareau, 39. — Machines et outils pour la galvanoplastie.

Guérin, à Paris, rue de Maubeuge, 24. — Pantographe pour réduire et agrandir les dessins.

Michel, à Paris, rue Cassette, 22. — Galvanoplastie appliquée à la typographie, à l'imprimerie en taille-douce.

Savary, à Paris, rue Suger, 22. — Diverses applications de stéréotypie et d'électrotypie.

Stoesser, à Paris, boulevard Saint-Germain, 110. — Reproductions galvanoplastiques de texte, de gravures et de planches en taille-douce pour la typographie.

GRANDE-BRETAGNE.

Luccato et Wolff, 19, Charter House street, Holborn, London Viaduc London. — Papyrographe, moyen de tirer 500 fascicules d'écriture, dessins, etc. dans une presse à copier ordinaire.

AUTRICHE.

Brendler et Hartler, Vienne, Millergasse, 23. — Reproductions galvanoplastiques.

CLASSE 61.

MACHINES, INSTRUMENTS ET PROCÉDÉS USITÉS DANS DIVERSES INDUSTRIES.

FRANCE.

Coudron, à la Ferté-Gaucher (Seine-et-Marne). — Système de votation.

ÉTATS-UNIS.

Type Writer et Cᵉ, à New-York. — Machine à écrire en caractères imprimés, Remington.

AUTRICHE.

Gentili, à Vienne, Mariahilferstrasse, 18. — Machine à écrire et sténographier, mise en mouvement par la parole articulée.

DANEMARK.

Hansen, à Copenhague. — Machine à écrire.

BELGIQUE.

Mouters, à Anvers, rue de la Loi, 79. — Machine à écrire.

ITALIE.

Michela et Pietro, à Ivrea. — Petite machine pour sténographie instantanée.

CLASSE 63.

SELLERIE.

SUÈDE.

Dame Engstrom, à Paris. — Maniment des chevaux par l'électricité.

CLASSE 64.

MATÉRIEL DES CHEMINS DE FER.

FRANCE.

De Bailhache, à Paris, avenue de Villers, 100. — Appareil destiné à mettre en communication par l'électricité les trains marchant sur une même voie ou sur des voies différentes entre eux; les trains en marche ou en détresse avec les gares de départ et d'arrivée; les stations intermédiaires et les garde-barrières; les voyageurs avec le chef du train et les agents de train entre eux. — Bobine avec ou sans support, à isolation intérieure, pouvant servir à isoler les fils de manœuvre des disques dans les gares, afin d'indiquer aux aiguilleurs le fonctionnement des disques et les signaux par un temps de brouillard (dessins). — Expose en outre dans la classe 65.

Barbet, à Paris, gare de l'Est. — Horloge à remontoir électrique et à force constante. (Collectivement avec la Compagnie de l'Est.)

Baudet, à Paris, rue du Rocher, 62-64. — Mâts de signaux et leviers de manœuvre.

Blythe, à Bordeaux (Gironde), Cours du Jardin public, 24. — Échantillon de bois préparés par le procédé dit *thermo-carbonisation*.

Brunot, à Paris, rue Lafayette, 132. — Appareil contrôleur de la marche du train. (Exposé avec la Compagnie du Nord.)

Cacheleux, à Paris, rue des Vieilles-Haudriettes, 6.—Appareil à échanger les sacs de lettres sur les voies ferrée, sans arrêt des trains.

Chevalier, à Paris, quai de Grenelle, 61. — Bureau ambulant de l'administration des Postes, avec accouplement.

Clochette et Leïte, à Paris, rue Condorcet, 9. — Frein automoteur pour voiture de chemin de fer et tramways (dessins).

Collin, à Paris, rue Montmartre, 118. — Horloges, compteurs, enregistreurs, contrôleurs enregistreurs de rondes de nuit et contrôleurs avertisseurs. — Application de l'électricité à l'unification de l'heure sur toute la ligne d'un chemin de fer.

Compagnie du chemin de fer de l'Est. — Modèle de frein automoteur, système Dorré. — Horloge à remontoir électrique et à force constante (collectivement avec M. Barbet). — Machine à essayer les huiles. — Contrôleur de rondes de nuit; indicateur de vitesse et appareil à relever les profils des bandages (collectivement avec M. Napoli). — Seismographe, ou appareil à enregistrer les mouvements de lacet, de galop et de roulis des véhicules en marche. — Procédés et appareils pour enregistrer à distance les diagrames représentatifs de travail de la vapeur dans le cylindre (avec M. Marcel Desprez).

Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.—Appareils d'enchevêtrements.

Compagnie des chemins de fer P.-L.-M. — Signal d'arrêt absolu; Sémaphore à 6 ailes.

Compagnie des chemins de fer du Midi. — Traverses en pin préparées au sulfate de cuivre et à la créosote. — Poteaux préparés au sulfate de cuivre.

Compagnie du chemin de fer d'Orléans. — Mât de signaux avec appareil à pétard et levier de manœuvre à grande distance.

Compagnie des chemins de fer du Nord. — Spécimen d'un système perfectionné de freins continus fonctionnant par l'air raréfié (disposition Smith), à manœuvre électro-automatique, monté sur un train composé : d'une locomotive à grande vitesse, munie du sifflet électro-automoteur (système Lartigue, Forest et Digney); du contrôleur de marche (système Brunot); du déclanchement électrique du frein et du tachymètre électrique (système Delebecque et Bauderali). — Locomotive et véhicules munis de l'intercommunication électrique (système Prud'homme), qui permet de déclancher le frein d'un point quelconque du train. — Spécimen *block-system* pour lignes à double voie, représenté par trois mâts électro-sémaphoriques (système Tesse, Lartigue et Prud'homme); disque avec commutateur, contact électrique fixe; sonnerie de contrôle et pile. — Contrôleur d'aiguilles électro-automatique (système Lartigue), avec sonnerie et piles. — Pédale et avertisseur de passage à niveau avec pile. — Deux sonneries d'annonce, pour ligne à voie unique, avec deux inducteurs, deux commutateurs et deux tablettes. — Dessin représentant l'ensemble et les détails d'un système perfectionné de déclanchement par l'électricité appliquée à la manœuvre des freins continus.

Compagnie française de matériel de chemins de fer, à Ivry (Seine), rue Nationale, 57. — Signal pour voie économique, n'exigeant aucune charpente pour le signal, ni la manœuvre.

Delebecque et Banderali, à Paris, rue de Douai, 6. — Système automatique de déclanchement par l'électricité, permettant d'appliquer tous les freins d'un train en marche, soit de l'intérieur d'un des véhicules du train, soit d'un point quelconque de la ligne parcourue, sans l'intervention du mécanicien. (Application du système au frein pneumatique continu Smith de train exposé par la Compagnie du Nord.) — Tachymètre électrique, à enregistrement direct, mesurant exactement la vitesse de marche d'un train (monté sur le spécimen du train exposé par la Compagnie du Nord). — Dessins explicatifs.

Delom, à Paris, rue Ramey, 49. — Mât-signal à tension constante du fil. (Collect. avec M. Baudet.)

Desgoffe, à Paris, rue de Bagneux, 4. — Mâts de signaux.

Desouche, David et Ce, à Pantin (Seine), rue des Petits-Ponts, 37. — Frein automatique Westinghouse.

Digney frères et Divernerésse, à Paris, rue des Poitevins, 6 et 8. — Sifflet électro-moteur ou sifflet d'alarme (système Lartigue, Forest et Digney frères). — Sonnerie de disque avec paratonnerre. — Inducteur et commutateur pour sonnerie d'annonce. — Piles pour la télégraphie.

Dorré, à Paris, gare de l'Est. — Modèle de frein automoteur (exposé avec la Compagnie de l'Est).

Ducousso frères, à Fourtic (Lot-et-Garonne). — Système de transmission automatique de signaux électriques aux trains en marche. (Dessin.)

Frécot, à Paris, quai des Orfévres, 4. — Disques automoteurs, mus par l'électricité ou une force mécanique, prévenant les collisions de trains et signalant leur passage aux passages à niveau.

Garnier, à Paris, rue Taitbout, 6 et 16. — Horlogerie spéciale pour chemins de fer. — Régulateurs, cadrans angulaires et appliqués, compteurs; tachymètres et contrôleurs.

Henry Lepaute fils, rue Lafayette, 6. — Horloges de gares. — Régulateurs de chemins de fer. — Cadrans plats et angulaires, sonneries diverses.

Laigle des Masures, à Saint-Pierre-des-Ormes (Sarthe). — Appareils électriques indicateurs dénonçant aux stations et sur la ligne la marche des trains depuis le départ jusqu'à leur arrivée dans les gares. (Dessin).

Lévêque, à Blanzy-sur-Bresle (Seine-Inférieure). — Bois préparés au sulfate de cuivre.

Mors, à Paris, rue Saint-Martin, 4 *bis*. — Signaux sémaphoriques, système Tesse, Lartigue et Prud'homme. — Appareils d'intercommunication électrique pour les trains. — Sonnerie électrique pour tramways.

Napoli, à Paris, rue Pigalle, 15. — Appareil électrique contrôleur de rondes de nuit. — Pantographe polaire servant spécialement à relever les profils des bandages de roues. — Indicateur de vitesse à cadran. — Machine à essayer les huiles. (Expose avec la Compagnie de l'Est.)

Noyes, à Paris, rue Chevert. — Système de tableaux indicateurs de la marche des trains de chemins de fer. (Dessin.)

Ollivier, à Paris, boulevard Beaumarchais, 51. — Signaux à distance. (Exposé avec M. Baudet.)

Pignel, à Amiens (Somme). — Disque automatique. (Modèle.)

Sauvajon, à Tournon (Ardèche). — Appareil automatique destiné à prévenir les collisions des trains. (Dessin.)

Société anonyme de l'embrayage et du frein électrique (M. Achard), à Paris, rue de Provence, 60. — Frein à embrayage électrique monté sur un châssis de wagon du chemin de fer du Nord.

Société anonyme des hauts fourneaux de Maubeuge. — Signa de gare à longue distance.

Société anonyme des hauts fourneaux de Marquise (Pas-de-Calais). — Signal d'aiguilles et signal de gare, types de la Compagnie P.-L.-M.

Société des machines magnéto-électriques de Gramme (administrateur: Fontaine), à Paris, rue Saint-Georges, 52. — Machines Gramme pour l'éclairage des locomotives, des gares et pour l'usage des freins.

Stilmant, à Paris, rue de Rome, 129. — Divers types du frein Stilmant.

Tesse et Lartigue. — Appareils électro-sémaphoriques pour voies de chemins de fer. (Collectivement avec la Compagnie du Nord.)

Vérité, à Beauvais (Oise). — Signaux de chemins de fer.

GRANDE-BRETAGNE.

Anderson, Hunslet Shed, Hunslet Leeds. — Frein breveté continu.

Gage, 53, Tindal street, Bishop's road, North Brixton, London. — Signaux perfectionnés, fusées pour la mer, signal de brume et imperméables, produisant forte détonnation, ne contenant ni mercure, ni phosphore.

Saxby et Farmer, Patent railway signal Works, Kilburn, London. — Appareil démontrant l'union mécanique du système de l'enclanchement des signaux avec le *block-system* (service sectionnel). — Verrou d'aiguilles. — Signal électrique. — Modèle de signal s'enclanchant avec les aiguilles d'une voie de garage, et autres appareils de sûreté.

Stewart, 50, Colebrooke Road, London. — Système de communication par pavillons entre voyageurs, conducteurs et mécaniciens de chemins de fer.

SUÈDE.

Brunius, Jönköping. — Communication télégraphique entre un train en marche et les stations. Ce système a pour but: de prévenir les collisions entre deux trains qui se suivent ou se rencontrent; d'enregistrer automatiquement l'heure de départ, celle du passage à divers points de la ligne, et l'heure d'arrivée des trains; de contrôler ainsi la vitesse des trains et la marche des horloges des différentes stations; d'indiquer au mécanicien la distance parcourue depuis la gare de départ; d'annoncer aux gares sur quel point du chemin se trouvent les trains; de donner au mécanicien d'un train le signal d'arrêter à la distance voulue d'un obstacle ou d'un point où la voie est coupée.

HONGRIE.

Chemin de fer royal hongrois et de l'État, à Bude-Pest. — Signaux de gare. — Tachymètre.

AUTRICHE.

Rothmüller, à Vienne, II, Nordbahnstrass, 1. — Lanternes de signal, sémaphores, etc.

Chemin de fer Charles-Louis, à Vienne. — Indicateur électrique pour niveau d'eau.

Chemin de fer de l'empereur Ferdinand et de la Moravie et de la Silésie, à Vienne. — Appareils à signaux. — Compteur de billets électro-magnétique.

Silas, à Vienne, Wallfischgasse, 8.—Fanal d'alarme inextinguible, à grande portée, applicable à tous les systèmes de communication. (Voir cl. 67.) C'est un appareil cylindrique dans lequel est placé une cartouche spéciale. Le cylindre est rempli d'eau. Il suffit d'un coup frappé sur un tube dont l'extrémité inférieure communique avec la cartouche, pour faire pénétrer l'eau du cylindre dans la cartouche et donner naissance à une flamme inextinguible qui illumine l'horizon et peut donc servir au passage des courbes.

BELGIQUE.

François, à Tielemont. — Lanterne signal.

Le Boulengé, à Liége, Thier de la Fontaine, 27. — Dromoscope, indicateur de la vitesse des trains.

Van Hamel et Blooker, à Bruxelles, rue des Chartreux, 25. — Enregistreur de vitesse de chemins de fer et machines à vapeur.

PAYS-BAS.

Kuijlch, à Utrecht. — Signal acoustique pour chemins de fer. (Voir cl. 67.)

CLASSE 66.

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DU GÉNIE CIVIL, ETC.

FRANCE.

Taupin d'Auge, à Paris, rue Daguerre, 49. — Sonneries électriques, etc.

GRANDE-BRETAGNE.

Bethell et Cᵒ, 38, King William street, London. — Bois conservé par la créosote sur terre et sur mer.

Candy et Cᵒ, Patent brick, tile et pipe Works, Chudleigh Road station, Newton, Abbot, Devon. — Argile vitreuse pour isoloirs de télégraphes.

De Michele, 5, Westminster, Chambers, London. — Appareil à éprouver le fil métallique et le papier. (Brevet Corrington.)

Gardner, 36, Jamaïca street, Glasgow. — Conservation et séchage des bois. — Bois conservé contre le dépérissement et la pourriture sèche.

AUTRICHE.

Liebert de Paradis. — Bois imprégnés. (Voir cl. 44.)
Lauer, à Vienne, Favoritenstrasse, 2. — Matériel explosif.
Mahler, à Vienne, Wallfischgasse, 2. — Cartouches de dynamite. — Amorces électriques, fils conducteurs. — Appareil exploseur au moyen de l'électricité de frottement. — Aimants, appareils d'industrie, etc.
Mayrhofer (voir cl. 26). — Appareil pneumatique pour scrutins parlementaires.

SUISSE.

Chemins de fer du Nord-Est, à Zurich. — Appareil de contrôle de M. Hipp.

BELGIQUE.

Jaspar, etc. — Paratonnerres et accessoires.
Sacré, à Bruxelles, rue de Ruysbroeck, 23. — Paratonnerres.

CLASSE 67.

MATÉRIEL DE LA NAVIGATION.

FRANCE.

Bazin, à Paris, place Pereire, 10. — Lochomètre électrique. — Observatoire sous-marin. — Lanterne électrique sous-marine.
Bigot, à Paris, rue Lahire, 23. — Signaux de sécurité.
Collin, à Paris, rue Montmartre, 118. — Sondes marines. — Marégraphes contrôleurs.
Denayrouze, à Paris, boulevard Voltaire, 3. — Fanaux à éclairage électrique, et appareil de signaux pour navires.
Dumont, à Paris, rue de Dunkerque, 21. — Appareils électriques pour prévenir des commencements d'incendie dans les navires et magasins.
Fricot, à Paris, quai des Orfèvres, 4. — Nouveaux appareils avertisseurs d'incendie.
Journi, à Rochefort-sur-Mer. — Méthode électro-chimique de préservation des carènes en fer et des cuirasses de navires blindés.
Kiesed et Dubus, au Havre, cours de la République, 50. — Petit appareil destiné à la marine, dénommé *indicateur des Caps*.
Lamy, à Honfleur, rue Brûlée, 42. — Appareil moniteur des règles de route, composé d'un tableau et d'un compas de marine.
De Mersanne, à Paris, boulevard Montparnasse, 58. — Fanaux de signaux électriques de terre et de mer.
Ministère de la marine et des colonies. — Plan du transmetteur de *Richelieu* (de M. l'ingénieur Bernei-Fontaine).
Sautter, Lemonnier et Ce, à Paris, avenue Suffren, 26. — Appa-

reils d'éclairage électrique destiné aux navires; signaux de brume; trompettes; sirènes.

Torelli, à Paris, rue Lafayette, 96. — Engins sous-marins.

GRANDE-BRETAGNE.

Chadburn et Son, 71 et 73, Lord street, Liverpool. — Télégraphe de machine à vapeur à répétition. — Télégraphe à gouverner avec anémomètre à répétition. — Compteur de machine à vapeur.

Homfray et Cº, Great Winchester street buildings, Old broad street, London (agent à Paris, J. Aylmer, rue de Naples, 4). — Télégraphes mécaniques pour manœuvrer des machines ou des timons pour vaisseaux avec réponse de retour, tels qu'ils sont adoptés dans la marine anglaise. — Sonneurs et indicateurs pneumatiques pour les usages domestiques. — Tuyaux pneumatiques pour la transmission d'échantillons, de documents, etc., dans toute espèce de maison. — Télégraphe pneumatique pour signaler les mouvements des machines ou du timon pour vaisseau. — Appareil pour signaux de toute espèce.

Siebe et Gorman, 27, Mason street, Westminster Bridge Road, London. — Lampes électriques sous-marines. — Machine dynamo-électrique d'Alfred Varley, pour la production de la lumière électrique.

Sir William Thomson, the University, Glasgow. — Boussole marine. — Machine pour sonder. (Voir aussi cl. 15, chez M. Ligé.)

ÉTATS-UNIS.

Brown, à New-York. — Trompette pour temps de brouillard.

PAYS-BAS.

Lefèbre, à La Haye. — Porte-voix maritime. — Flûte ou siflet à vapeur.

Ruijsch, à Utrecht. — Signaux optiques avec machine pour allumer par la percussion.

ITALIE.

Caselli, à Florence. — Gouvernail hydro-magnétique.

Guida, à Naples. — Signaux de nuit et par brouillard.

CLASSE 68.

ART MILITAIRE.

FRANCE.

Gaumet, lieutenant, à Paris, rue Cler, 52. — Télégraphe optique de campagne.

GRANDE-BRETAGNE.

The Hab-Macdonald War Rocket et Torpedo Cy, 4, Bridge Chambers, 171, Queen Victoria street, London. — Torpilles fixes, électriques et à contact, etc.

Whitwort (sir Joseph). — Réservoir à air pour torpille, en acier fondu résistant à une pression de 1500 livres par pouce carré.

SUÈDE.

Unge, lieutenant d'état-major général, Stocholm. — Montre à distance.

BIBLIOTHÈQUE TECHNOLOGIQUE (CLASSE 65).

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA TÉLÉGRAPHIE.

Agenda Dunod, n° 5. — Télégraphes, postes et transports. Paris, Dunod, 1878, volume in-12.

Annales télégraphiques. — 1re série, années 1858-1865, 8 volumes in-8; et 3e série, années 1874-1877, 4 volumes in-8. Paris, Dunod.

Blavier (E.), inspecteur divisionnaire des lignes télégraphiques. — *Nouveau traité de télégraphie électrique.* Paris, E. Lacroix, 1865, 2 volumes in-8.

Bontemps (Ch.), sous-inspecteur des lignes télégraphiques. — *Les systèmes télégraphiques*, aériens, électriques, pneumatiques. Paris, Dunod, 1876, volume in-8.

Bréguet (L.). — *Manuel de télégraphie électrique.* Paris, L. Hachette et Ce, 1868, volume in-12, 4e édition.

Bréguet (A). — *Sur un nouveau téléphone*, dit téléphone à mercure. Paris, Gauthier-Villars, 1878, feuille in-4.

Collin (A.) et fils. — *Album*, *horlogerie mécanique*, *instruments de précision et application diverses de l'électricité.* Paris, 1878, chez les auteurs, 148, rue Montmartre, volume in-folio.

Fontaine (H.), ingénieur civil. — *Éclairage à l'électricité.* Paris, J. Baudry, 1877, volume grand in-8.

Du Moncel (Ce Th.), ingénieur électricien des lignes télégraphiques, — *Traité théorique et pratique de télégraphie électrique.* Paris, Gauthier-Villars, 1864, volume grand in-8.

Niaudet (A.). — *Traité élémentaire de la pile électrique.* Paris, Baudry, 1878, volume grand in-8.

Picout (R. V.), ingénieur civil. — *Notice sur l'éclairage industriel par la lumière électrique.* Paris, A. Michels, 1878, brochure grand in-8.

Saint-Edme (Ernest). — *L'électricité appliquée aux arts mécaniques, à la marine, au théâtre.* Paris, Gauthier-Villars, 1871, volume petit in-8.

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878.

DISTRIBUTION DES RÉCOMPENSES

AUX EXPOSANTS DE LA CLASSE 65.

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS DE LA TÉLÉGRAPHIE.

LÉGION D'HONNEUR.

Ont été nommés au grade de chevalier dans la Légion d'honneur :

MM. BONTEMPS (Charles), inspecteur des lignes télégraphiques.
BAUDOT, employé de l'Administration des lignes télégraphiques.

GRANDS PRIX.

Diplômes d'honneur équivalant à une grande médaille.

Direction générale des télégraphes	Portugal.
Ministère de la guerre	Espagne.
Ministère de la marine	Italie.
Ministère des finances. (Administration des télégraphes.)	France.
Ministère des travaux publics. (Direction des télégraphes)	Italie.
Ministère du Waterstaut, du commeree et de l'industrie	Pays-Bas.

Grandes médailles.

Baudot	France.
Bell (A. G.)	Angleterre.
Edison (T. A.)	États-Unis.
Gray (E.)	États-Unis.
Meyer	France.

MÉDAILLES D'OR.

Arlincourt (D') (Rappel.)	France.
Bréguet. (Rappel.)	France.
Deschiens	France.
Digney frères et Diverneresse. (Rappel.)	France.
Dumoulin-Froment	France.
Hardy	France.
Ménier	France.
Olsen (C. F. G. H.)	Norwége.
Rattier et Ce. (Rappel.)	France.
Schaffler (O.)	Autr.-Hong.
Siemens (frères)	Angleterre.

Stroh british telegraph Manufactory, Limited. . Angleterre.
Telegraph construction and Maintenance Company. . . . . Angleterre.

MÉDAILLES D'ARGENT.

Ailhaud. . . . . France.
Bontemps. . . . . France.
British telegraph Manufactory. . . . . Angleterre.
Carlander (L.). . . . . . Suède.
Chambrier. . . . . France.
Charles. . . . . France.
Chauvin et Marin-Darbel. France.
Chemin de fer de l'État. (Diplôme.). . . . . . . Autr.-Hong.
Desgoffe. . . . . France.
Devos. . . . . Belgique.
Dujardin. . . . . France.
Felbinger, Crespin et Marteau. . . . . France.
Gaiffe. . . . . France.
Lartigue. . . . . France.
Lenoir. (Rappel.). . . . France.
Pellegrini. . . . . Italie.
Postel-Vinay. . . . . . . France.
Rault et Chassan. . . . France.
Sauteur frères. . . . . . France.
Sieur. . . . . France.
Terral et Mandroux. . . France.

MÉDAILLES DE BRONZE.

Barbier (E. F.). . . . . France.
Beau. . . . . France.
Beaufils. . . . . France.
Bernier. . . . . France.
Bigeon. . . . . France.
Boivin. . . . . France.
Bonis (Mme). . . . . . . France.
Cacheleux. . . . . France.
Callaud. . . . . France.
Canson frères et Montgolfier. . . . . France.
Chanteloup. . . . . . . Canada.
Debayeux. . . . . France.
Delaurier. . . . . France.
Girarbon. . . . . France.
Grassi et Beux. . . . . France.
Hache et Pepin Lehalleur frères. . . . . . France.
Hasler et Escher. . . . Suisse.
Héquet. . . . . France.
Houzeau. . . . . France.
Jamieson, Andrew. . . . Angleterre.
Jarriant aîné. . . . . . France.
Laffolye (De). . . . . . France.
Lagarde. . . . . France.
La Taille (De). . . . . . France.
Leblan. . . . . France.
Leclanché. . . . . France.
Legay (J.). . . . . France.
Lorin. . . . . France.
Lucchesini (A.). . . . . Italie.
Mildé fils et Ce. . . . . France.
Morris. . . . . France.
Mors. . . . . France.
Pelletier. . . . . France.
Perrin (Ad.). . . . . . . France.
Petit. . . . . France.
Petsch. . . . . Russie.
Pillivuyt (C.) et Ce. . . France.
Roncally (A.). . . . . . Italie.
Roussy. . . . . France.
Société des forges de Franche-Comté. . . . France.
Sortais. . . . . France.
Tomasi. . . . . France.
Vianisi (L.). . . . . . . Italie.
Walker. . . . . France.
Zimdars (C.-E.). . . . . Angleterre.

MENTIONS HONORABLES.

Barbier (M.). . . . . . . France.
Brunius. . . . . Suède.
Casanova. . . . . France.
Castelli (B.). . . . . . . Italie.
Chemins de fer de la Haute-Italie. . . . . . Italie.

Chemin de fer de l'impératrice Élisabeth. . Autr.-Hong.
Chemins de fer du nord de l'Autriche. . . . . Autr.-Hong.
Chemins de fer du sud de l'Autriche. . . . . Autr.-Hong.
Clément. . . . . France.
Combettes (De) et Cᵉ. . France.
Day (A. G.). . . . . États-Unis.
Douce et Cᵉ. . . . . France.
Douillard. . . . . France.
Dusseau. . . . . France.
Dutertre. . . . . France.
Ericson (O. A.). . . . . Suède.
Guérin et Cᵉ. . . . . France.
Hervarth (Baron). . . . Russie.
Kuntze et Cᵉ. . . . . Suède.
Létourneau. . . . . France.
Papin. . . . . France.
Pardon (L.). . . . . Italie.
Paris. . . . . France.
Patent Nut and Bolt Company (The). . . . Angleterre.
Recin et Bratt. . . . . . . Suède.
Société des chemins de fer romains. . . . . . Italie.
Sommatis di Mombello (J.). . . . . Italie.
Varley (S. A.). . . . . . . Angleterre.
Vauzelle (J. B. S.) et fils. France.

COLLABORATEURS.

Médailles d'argent.

Bréguet (Antoine), maison Bréguet. . . . . . France.
Cartier (V.), maison Dumoulin-Froment. . . . France.
Dini (U.), maison Dumoulin-Froment. . . . France.
Niaudet-Bréguet, maison Bréguet. . . . . France.
Rychlowski (L.), maison Rattier. . . . . France.
Tessier (J.), maison Menier. . . . . France.

Médailles de bronze.

Bailleux (A.), maison Bréguet. . . . . France.
Bara (L L.), maison Digney frères et Diverneresse. . . . . France.
Cazésus, collaborateur de M. D'Arlincourt. . France.
Constant (P.), collaborateur de M. Baudot. . France.
Grousteau, maison Postel-Vinay. . . . . . . France.
Guillaume (E.), collaborateur de M. Baudot. France.
Hartmann (H.), maison Deschiens. . . . . . . France.
Juteau (A.), maison Walker. . . . . France.
Kranner, collaborateur de M. Olsen. . . . . France.
Martin (M.), maison Bréguet. . . . . France.
Maugeot (É.), maison Deschiens. . . . . . . France.
Oudin, maison Menier. France.
Patriarche, maison Hardy. . . . . France.
Petit (A. F.), maison Digney frères et Diverneresse. . . . . France.

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878.

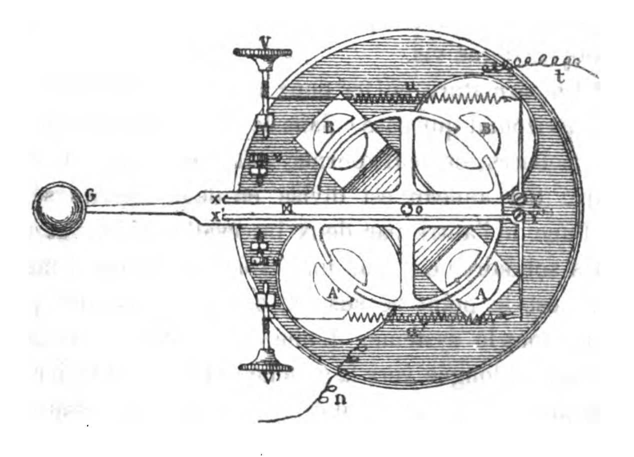
ENREGISTREUR ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE A DOUBLE COURANT

DE M. BRAMAO.

(Section portugaise, classe 65.)

Le récepteur de M. Bramao, que l'administration télégraphique du Portugal expose dans la classe 65, est destiné à enregistrer sur une bande de papier les signaux produits par l'envoi de courants d'égale durée positifs et négatifs. Le manipulateur est le manipulateur à double courant ou double clef, employé avec le galvanomètre à miroir ou le siphon recorder, pour la transmission sur les longues lignes sous-marines. L'armature du récepteur est mobile dans un plan horizontal et peut se déplacer légèrement d'un côté ou de l'autre de sa position d'équilibre, suivant que le courant envoyé est positif ou négatif. Cette armature commande un levier portant un godet encreur qui, quand aucun courant ne passe, trace au milieu de la bande de papier, une droite parallèle aux bords de la bande. Le levier étant dévié d'un côté ou de l'autre, suivant le sens du courant émis, et étant ramené à la position d'équilibre quand le courant cesse, l'envoi d'une série de *points* positifs et négatifs produira une courbe continue présentant, de part et d'autre de la ligne médiane, des petites bosses, qui d'un côté de cette ligne figureront les points positifs corres-

pondant aux *points* de l'alphabet Morse, et de l'autre les points négatifs correspondant aux *traits* du même alphabet. La lecture se fera donc comme celle des signaux reçus par le siphon recorder et sera plus facile à cause de la fixité de la ligne médiane et de la régularité avec laquelle les signaux s'écartent de cette ligne. Cet appareil se prête à une plus grande vitesse de transmission que le Morse ordinaire, puisque les *traits* ne prennent pas plus de temps que les *points*, et la longueur de



bande nécessaire pour recevoir une dépêche sera, pour le même motif, notablement réduite.

Le manipulateur et le récepteur sont fixés sur le même socle : l'ensemble présente à peu près les dimensions et l'apparence d'un récepteur Morse.

Le mécanisme d'horlogerie n'offre rien de particulier; la partie originale est l'organe électro-magnétique. Il comprend :

1° Un électro-aimant ordinaire vertical dont les noyaux sont prolongés un peu au-dessus des joues supérieures des bobines ; la partie du noyau qui dépasse est fendue

par le milieu, de façon à présenter deux sections séparées par une rainure.

2° Un aimant artificiel en fer à cheval, dont les pôles A et B sont terminés par deux appendices fendus comme le prolongement des pôles A′, B′ de l'électro-aimant. Les quatre pôles A, B, A′, B′ sont disposés sur une même circonférence, et les pôles A′, B′ sont situés sur le diamètre perpendiculaire à celui sur lequel se trouvent les pôles A, B. L'aimant et l'électro-aimant sont enfermés dans une boîte cylindrique en cuivre fixée sur le socle au moyen d'une vis.

3° Une armature en fer doux ayant la forme d'un anneau horizontal qui passe dans les rainures des appendices polaires, et peut tourner dans un sens ou dans l'autre. Cet anneau est divisé en deux moitiés séparées l'une de l'autre par deux intervalles vides, et soutenues solidairement par une croix en laiton dont le centre est le point de suspension autour duquel peut osciller tout le système. L'une des branches de cette croix est prolongée vers la gauche et forme un levier O G qui supporte à son extrémité un petit godet G dans lequel on verse l'encre destinée à l'impression. Le godet se visse sur le levier : on peut donc l'élever ou l'abaisser de façon à le faire appuyer à volonté sur la bande de papier qui doit recevoir les signaux.

Les vis v, v' limitent de chaque côté les déplacements du levier O G. Celui-ci est maintenu dans sa position de repos et ramené à cette position quand il s'en écarte par les deux tiges coudées xy, $x'y'$. Ces tiges pivotent autour des points x et y' : des ressorts à boudin u, u' sont accrochés aux extrémités des petits bras des tiges coudées et peuvent être tendus plus ou moins par les vis V, V′. Ces ressorts font presser les longs bras xy, $x'y'$ contre

une goupille implantée dans le levier O G. Sous ces deux actions contraires réglées par les vis V et V′, le levier O G reste en équilibre quand aucun courant ne passe.

Examinons le fonctionnement du récepteur :

Supposons que l'aimant ait son pôle boréal en B et son pôle austral en A, et qu'un courant traversant l'électro-aimant de *n* en *t* détermine en B′ un pôle boréal et en A′ un pôle austral, le segment de l'armature qui traverse la rainure de A ayant à ses extrémités la même polarité, sera attiré par B′ et repoussé par A′ ; au contraire, le segment B sera attiré par A′ et repoussé par B′, les deux actions s'ajoutent, l'armature entière tournera dans le sens opposé à celui des aiguilles d'une montre et le levier O G se dirigera vers *v*′. Si le courant émis est de sens contraire, il est évident que le levier s'appuiera contre *v* et formera ainsi sur le papier des lignes brisées, mais sans solution de continuité, au-dessus et au-dessous de la ligne médiane tracée par le godet lorsque le levier est au repos. On peut disposer l'électro-aimant de manière que le courant positif détermine l'impression au-dessous de la ligne médiane, et le courant négatif la produise au-dessus, représentant respectivement les traits et les points de l'alphabet Morse.

Un mot se trouve complétement imprimé sur la portion de bande comprise entre l'encreur et le laminoir, et par suite l'appareil emploie moins de papier que le Morse.

Sur la droite de l'instrument se trouvent les deux clefs qui constituent le manipulateur à double courant.

Sur le même côté du socle et un peu en dehors, est placé le rouet qui porte le papier. La bande s'engage dans un conduit ménagé sous le socle de l'appareil et remonte vers la gauche perpendiculairement, pour passer

entre une lame métallique flexible qui la supporte et le godet G. Après l'impression, elle est entraînée par un laminoir. La manette, qui sert à mettre l'appareil en marche, abaisse le papier avec la lame qui le porte pour le mettre hors de la portée de l'encreur, au moment même où elle produit l'arrêt du mouvement d'horlogerie.

Cet appareil a été essayé au poste central de Paris avec une pile de 60 éléments Callaud et un circuit bouclé d'environ 1000 kilomètres. Il a fonctionné régulièrement avec une vitesse de 20 mots par minute et une assez grande latitude de réglage. Il serait employé par l'administration portugaise sur les lignes de Lisbonne à Porto, Coïmbre et Bonsuccesso (embouchure du Tage), d'une longueur de 200 à 350 kilomètres.

CARÈME.

EXPOSITION UNIVERSELE DE 1878.

RELAIS MORSE DE M. SERRA-CARPI.

(Italie. — Classe 65.)

Ce relais se compose d'une tige aimantée en forme de languette, qui oscille entre les deux pôles d'un électro-aimant. Au passage du courant, même le plus faible, la tige est attirée d'un côté ou de l'autre, et ferme ainsi le circuit d'une pile locale.

La différence entre ce *relais* et les autres fondés sur le même principe, consiste surtout dans les modifications suivantes :

1° La tige aimantée ne tourne pas sur un *pivot;* elle se meut, d'un côté ou de l'autre, en fléchissant une *lame très-mince en acier.*

2° Cette lame en acier (mince comme un ruban de suspension pour des pendules), permet à la tige aimantée de se tenir au milieu des deux pôles de l'électro-aimant, et de fermer deux circuits différents selon qu'on envoie dans l'électro-aimant un courant dans l'un ou dans l'autre sens.

3° L'utilité que présente la lame d'acier substituée au pivot, c'est qu'on peut régler la sensibilité de la lame d'acier en la raccourcissant plus ou moins, de telle sorte que le courant envoyé directement soit suffisant pour faire battre l'extrémité de la tige contre une des deux vis

pour ermer le circuit de la pile locale. Le courant de retour étant plus faible que le courant direct, n'aura pas la force de vaincre l'élasticité de la lame, au point d'amener la tige contre la vis opposée. C'est pour cette disposition que la tige peut rester au milieu des deux pôles de l'électro-aimant, sans craindre les effets du *courant de retour.*

4° La construction de ce relais est *très-simple,* parce qu'il *n'y a pas d'aimant fixe.*

5° La sensibilité de ce relais si simple est comparable à celle des meilleurs relais qui fonctionnent ordinairement dans les bureaux télégraphiques, comme l'ont prouvé des expériences exécutées au bureau télégraphique central de Rome.

Le récepteur est muni de deux bobines qui correspondent aux deux sens du courant envoyés et, de cette façon, on peut obtenir deux séries différentes de signes télégraphiques.

DE LA DISPOSITION A DONNER AUX PILES

SUIVANT LA RÉSISTANCE DU CIRCUIT EXTÉRIEUR.

I. On sait que, pour obtenir le maximum d'intensité dans un circuit de résistance R, avec N éléments de pile, ayant chacun pour force électromotrice e et pour résistance r, il faut associer en surface m piles comprenant chacune n éléments en série, de telle sorte que la résistance $\frac{n}{m}r$ de la batterie ainsi formée, soit égale à la résistance R.

C'est la conséquence des relations

$$N = mn,$$
$$I = \frac{ne}{\frac{n}{m}r + R} = \frac{Nme}{Nr + m^2R},$$

N étant constant, le maximum de I aura lieu pour

$$Nr = m^2R \quad \text{ou} \quad \frac{N}{m^2}r = \frac{n}{m}r = R.$$

On en tire

$$m = \sqrt{N\frac{r}{R}}, \quad n = \sqrt{N\frac{R}{r}}, \qquad (1$$

et

$$I = \frac{1}{2}\frac{ne}{R} = \frac{1}{2}\frac{e}{\frac{r}{m}};$$

comme $\frac{r}{m}$ est la résistance de m éléments en surface,

$\frac{e}{\frac{r}{m}} = \frac{ne}{n\frac{r}{m}}$ est l'intensité fournie par ces m éléments en surface, ou par la pile totale de N éléments, formant m groupes en surface de n éléments en série, quand les pôles extrêmes sont réunis directement, sans conducteur interpolaire. Enfin

$$I = \frac{e}{2}\sqrt{\frac{N}{Rr}}. \qquad (2)$$

Si la ligne était mal isolée, R étant la résistance extérieure à la pile, calculée en tenant compte des dérivations, cette relation exprimerait l'intensité au départ; l'ensemble des pertes pouvant être remplacé par une résultante unique de résistance f située en un point de la ligne séparé de la terre du récepteur par une résistance D, l'intensité du courant à l'arrivée deviendrait

$$I = \frac{e}{2}\sqrt{\frac{N}{Rr}} \times \frac{f}{D+f}. \qquad (3)$$

Connaissant la valeur de l'intensité I nécessaire pour faire fonctionner le récepteur à l'arrivée, la formule (2) ou (3) permettra de calculer N, et les formules (1) achèveront de faire connaître le groupement correspondant au plus petit nombre d'éléments à employer.

L'application pure et simple de ces formules conduira rarement à un résultat satisfaisant dans la pratique. On sait, par exemple, que pour faire fonctionner un récepteur donné, d'une résistance $a = 1.000$ unités, il faut une intensité de 0,01 weber ou 10 milliwebers. En supposant la force électromotrice e d'un élément Daniell égale à 1 Volt, la formule $\frac{1}{100} = \frac{n}{nr + L + a}$ fera connaître le nombre n d'éléments Daniell qui fera fonc-

tionner le récepteur, avec la disposition en série, sur une ligne bien isolée de résistance L. Prenant $L = 8.000$, $a = 1.000$, $r = 10$, on tire $n = 100$.

Mais si l'on veut chercher le plus petit nombre d'éléments qui, convenablement groupés, donneraient la même intensité, la formule (2) nous donnera la relation $\frac{1}{100} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{N}{Rr}}$, dans laquelle $R = L + a = 9.000$. On tire $N = 36$, et, des formules (1), $n = 180$, $m = \frac{1}{5}$, groupement impossible à réaliser.

Il importe donc de discuter les formules (1) et (2) pour rechercher les conséquences qu'on peut en tirer dans l'application.

II. Or, il est clair que n et m doivent représenter des nombres égaux ou supérieurs à l'unité, par suite, en vertu des relations (1), il faut que $Nr \overline{\geq} R$ et $NR \overline{\geq} r$.

La seconde conditiou $NR \overline{\geq} r$ signifie que la résistance extérieure doit être égale ou plus grande que celle de toute la pile réunie en surface et formant un seul élément de résistance $\frac{r}{N}$. Si $R = \frac{r}{N}$, on a $m = N$ et $n = 1$, tous les éléments doivent être reliés en surface, et l'on est alors dans les conditions du maximum.

Supposons donc $R > \frac{r}{N}$. Si, en même temps, $Nr > R$, c'est-à-dire si la résistance de tous les éléments en série est plus grande que la résistance extérieure, m sera plus grand que 1, et il pourra y avoir avantage à décomposer la pile totale en groupes.

Par conséquent, *on commencera par assembler en serie un nombre d'éléments suffisant pour faire marcher l'ap-*

pareil sur la ligne donnée : si la résistance de cette pile est inférieure à celle du reste du circuit, on conservera le groupement en série unique. C'est le cas le plus ordinaire en élégraphie.

Supposons que le nombre d'éléments soit tel que la résistance Nr soit égale à celle du circuit extérieur $Nr = R$, nous avons alors $m = 1$ et $n = N$, c'est-à-dire qu'il faudra une pile unique de N éléments en série. On sait qu'on est alors dans les conditions d'intensité maxima que peuvent fournir N éléments, eu égard à la résistance extérieure.

Si cette intensité est insuffisante, nous augmenterons le nombre N d'éléments jusqu'à ce que l'on obtienne une intensité convenable.

Ces N éléments en série donnent une intensité $I = \frac{Ne}{Nr + R}$.

Décomposons cette pile en m piles de $\frac{N}{m}$ éléments réunis en série, et réunissons les m piles en surface, on aura

$$I' = \frac{\frac{N}{m} e}{\frac{Nr}{m^2} + R}.$$

On voit que le groupement en série unique donnera une intensité I plus grande que, égale à, ou plus petite que l'intensité I' fournie par le groupement m, suivant que Nr est plus petit que, égal à, ou plus grand que mR.

Nous avons vu que le maximum d'effet du groupement m est atteint si $Nr = m^2R$.

Comparons enfin le groupement m au groupement $m + 1$, c'est-à-dire

$$I' = \frac{\frac{N}{m} e}{\frac{Nr}{m^2} + R} \quad \text{à} \quad I'' = \frac{\frac{N}{m+1} e}{\frac{N}{(m+1)^2} r + R};$$

on voit que le groupement m sera plus favorable que le groupement $m+1$ si $Nr < m(m+1)R$, et qu'il sera moins favorable si $Nr > m(m+1)R$.

Le nombre N étant d'ailleurs supposé tel que les quotiens $\frac{N}{m}$ et $\frac{N}{m+1}$ soient des nombres entiers.

Enfin, les groupements m et $m+1$ donneront la même intensité si $Nr = m(m+1)R$.

Faisons $m=1$, le groupement en série unique sera préférable tant que $Nr < 2R$;

Faisons $m=2$, le groupement en 2 piles de $\frac{N}{2}$ éléments donnera la même intensité que le groupement en série unique pour $Nr = 2R$; il donnera l'intensité maxima pour $Nr = 4R$, et sera préférable au groupement en 3 piles tant que $Nr < 6R$.

Faisons $m=3$, le groupement en 3 piles de $\frac{N}{3}$ éléments donnera la même intensité que le groupement en série unique pour $Nr = 3R$; mais il donnera une intensité inférieure au groupement en deux piles tant que $Nr < 6R$. Si $Nr = 6R$, il donne la même intensité que le groupement en deux piles de $\frac{N}{2}$ éléments; il donne une intensité supérieure dès que $Nr > 6R$, l'intensité maxima quand $Nr = 9R$, et est préférable au groupement en quatre piles tant que $Nr < 12R$; et ainsi de suite.

La règle à suivre est donc la suivante :

« On forme une pile de quelques éléments en série, et l'on ajoute des éléments toujours en série jusqu'à ce qu'on obtienne l'intensité de courant que l'on désire, ou bien jusqu'à ce que la résistance de la pile soit devenue double de celle du circuit extérieur. Dans ce dernier cas, on divise la pile en deux moitiés, que l'on assemble en surface, et l'on obtient alors la même intensité que si la pile totale était assemblée en série.

« Si cette intensité n'est pas suffisante, on ajoute des éléments à chacun des deux groupes, et l'on obtient un effet supérieur à celui que donnerait une pile unique du même nombre d'éléments.

« Pour augmenter l'intensité, on continuera à ajouter des éléments à chaque groupe jusqu'à ce que le nombre total des éléments employés soit tel que $Nr = 6R$, c'est-à-dire tel qu'en série ces éléments offriraient une résistance égale à six fois la résistance extérieure. En réunissant alors en surface trois groupes de $\frac{N}{3}$ éléments, l'intensité sera la même qu'avec deux groupes de $\frac{N}{2}$ éléments. S'il faut accroître encore l'intensité, on répartit sur les trois groupes les éléments que l'on ajoute, jusqu'à ce que $Nr = 12R$. Alors on passera au groupement quadruple, et ainsi de suite. »

III. Si l'on connaît le nombre γ de milliwebers nécessaires pour faire fonctionner le récepteur, et si l'on connaît l'état électrique de la ligne, on pourra calculer *a priori* le groupememt qu'il convient d'employer.

Supposons d'abord la ligne bien isolée. R étant la résistance du circuit extérieur, r celle d'un élément de la pile, le

nombre N d'éléments de force électromotrice e (en volts) qui, réunis en série, donneraient l'intensité $\frac{\gamma}{1.000}$ se déduira de la formule

$$\frac{\gamma}{1.000} = \frac{Ne}{Nr + R};$$

d'où

$$N = \frac{R\gamma}{1.000e - \gamma r}.$$

La condition de possibilité est que $1.000e > \gamma r$ ou $\frac{\gamma}{1.000} < \frac{e}{r}$, c'est-à-dire que l'intensité nécessaire soit plus petite que celle fournie par un élément fermé sur lui-même sans résistance interpolaire, ce qui est évident d'ailleurs, la relation $\frac{\gamma}{1.000} = \frac{Ne}{Nr + R}$ pouvant être mise sous la forme $\frac{\gamma}{1.000} = \frac{e}{r + \frac{R}{N}}$. De même, pour que $N > 1$, il faut que $\frac{\gamma}{1.000} > \frac{e}{r + R}$.

Connaissant N, on calculera Nr, et si $Nr > 2R$, on emploiera le groupement en deux séries de $\frac{N}{2}$; si $Nr > 6R$, en trois séries de $\frac{N}{3}$, etc.

Mais, comme nous l'avons déjà remarqué, quand une ligne sera bien isolée, avec les piles habituellement employées dans la télégraphie, le groupement en série sera toujours le meilleur.

Supposons qu'il y ait sur la ligne une perte résultante f, séparée de la pile par une résistance d, et de la terre du récepteur par une résistance D; le nombre d'éléments N qui, en série, donnera une intensilé γ capable

de faire fonctionner le récepteur sera donné par

$$\frac{\gamma}{1.000} = \frac{Ne}{Nr + d + \frac{Df}{D + f}} \times \frac{f}{D + f},$$

ou

$$\frac{\gamma}{1.000} = \frac{Nef}{(Nr + d)(D + f) + Df};$$

d'où

$$N = \gamma \frac{d(D + f) + Df}{1.000ef - r\gamma(D + f)}. \qquad (4)$$

La condition de possibilité est alors

$$1.000\, ef > r\gamma\,(D + f)$$

ou

$$\frac{\gamma}{1.000} < \frac{e}{r} \times \frac{f}{D+f}. \qquad (5)$$

La discussion de cette formule confirme les observations déjà faites dans une étude antérieure (voir *Annales*, tome V, page 185), sur l'importance du rôle que joue la résistance de la pile quand on travaille sur des lignes mal isolées.

Reprenons l'exemple théorique cité dans cette étude, d'une ligne pour laquelle on a

$$d = 5, \quad D = 125, \quad f = 10, \quad r = \frac{1}{2} \quad \text{et} \quad e = 1.$$

L'intensité du courant nécessaire pour faire fonctionner le récepteur est déterminée par ce fait qu'il faut 24 éléments simples quand la ligne est bien isolée.

On a donc

$$\frac{\gamma}{1.000} = \frac{24}{24 \times \frac{1}{2} + 130}, \quad \text{ou} \quad \gamma = 169.$$

Remplaçant γ par 169 dans la formule (4), on aura le nombre N d'éléments nécessaires pour travailler quand la ligne aura la perte f définie précédemment. Il est

facile de voir que la condition (5) n'est pas remplie, et par suite que, quel que soit le nombre d'éléments que l'on ajoute en série, on ne pourra jamais obtenir une intensité suffisante.

Examinons combien il faudrait d'éléments de surface double, c'est-à-dire pour lesquels $r = \frac{1}{4}$. La formule (4) donne pour le nombre d'éléments,

$$169 \times \frac{5 \times 135 + 1.250}{10.000 - \frac{1}{4} \times 169 \times 135} = \frac{325.325}{10.000 - \frac{1}{4} \times 22.815} = 75.$$

Il faut donc 75 éléments de surface double, ou 150 éléments formant deux séries de 75 réunies par leurs pôles de même nom. La résistance des 150 éléments en série unique serait 75; la résistance R du circuit extérieur est $5 + \frac{1.250}{135} = 14$. Comme $75 < 6 \times 14$ ou 84, le groupement en surface double est celui qui convient le mieux, puisque $Nr < 6R$.

Comme vérification, on peut chercher combien il faudrait d'éléments en surface triple pour obtenir la même intensité : en faisant $r = \frac{1}{6}$, on trouverait 52. Il faudrait donc 3 séries de 52 éléments reliées par leurs pôles de mêmes noms, soit 156 éléments en tout, pour obtenir la même identité. Le groupement en surface double est donc préférable.

J. RAYNAUD.

MICROTASIMÈTRE D'EDISON.

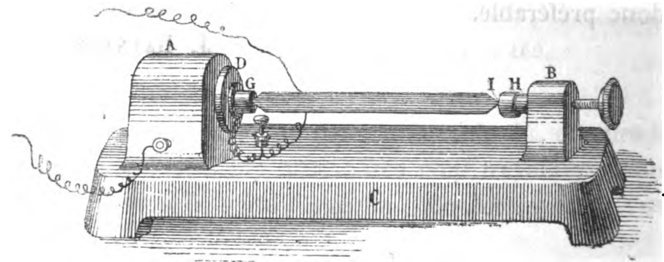
Cet appareil permet d'apprécier de très-petits changements de pression, et par suite réalise un thermoscope très-sensible, les variations dans la dilatation se traduisant par des variations dans la pression. Il est fondé sur le même principe que le téléphone à charbon du même inventeur.

Une tablette solide en fer C munie de deux massifs épais A et B, supporte le disque de charbon F, interposé entre deux lames de platine dont l'une est fixe et l'autre mobile. Le corps que l'on veut étudier est disposé sous forme de tige en regard de ce système, de telle sorte que par sa dilatation il exerce une compression sur le disque de charbon.

Un disque en vulcanite D est fixé contre le massif A par la vis E dont la tête, qui est en platine, occupe le fond d'une cavité circulaire pratiquée au centre du disque.

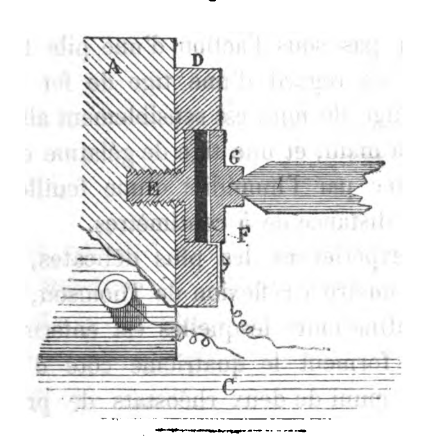
Fig. 1.





Le bouton de charbon F est placé dans cette cavité et se trouve en contact avec la tête de platine E. Sur l'autre face de ce bouton est appliquée une feuille de

Fig. 2.



platine en communication électrique avec la pile. En contact avec cette feuille de platine est disposée une pièce métallique G au centre de laquelle s'engage dans une crapaudine une des extrémités de la tige dont on veut mettre en évidence la dilatation.

Le massif B, situé à une distance de 10 centimètres du massif A, contient une crapaudine I conduite par une vis de réglage H. La tige dilatable est donc supportée par les crapaudines G et I. Le massif A est mis en communication avec un galvanomètre relié lui-même à la pile.

A l'aide de la vis de réglage on soumet d'abord la tige à une petite pression initiale qui fait dévier l'aiguille galvanométrique de quelques degrés de sa position précédente. Dès que l'aiguille est en équilibre, on note sa position. La plus petite dilatation ou contraction qu'éprou-

vera ensuite la tige sera manifestée par la déviation de l'aiguille. Une tige mince de caoutchouc durci, placée dans l'instrument, est extrêmement sensible aux effets caloriques ; il suffit d'approcher la main pour faire dévier de plusieurs degrés l'aiguille d'un galvanomètre qui ne bougerait pas sous l'action d'une pile thermo-électrique mise en regard d'une tige de fer chauffée au rouge. Une tige de mica est sensiblement affectée par la chaleur de la main, et une tige de gélatine est instantanément dilatée par l'humidité d'une feuille de papier mouillé à la distance de 5 centimètres.

Pour les expériences les plus délicates, on se sert d'un galvanomètre à réflexion de Thomson, et les deux lames de platine entre lesquelles est enfermé le disque de charbon forment le quatrième côté d'un pont de Wheatstone, muni de deux rhéostats de proportion et d'un rhéostat de comparaison, et dont le galvanomètre occupe la diagonale.

Les résistances des rhéostats étant réglées de façon à avoir l'équilibre, tout accroissement et toute diminution de pression exercée sur le disque de charbon par la dilatation ou la contraction de la tige se traduit par une diminution ou un accroissement de résistance que l'on mesure par les résistances qu'il faut supprimer ou introduire dans le rhéostat de comparaison pour rétablir l'équilibre.

La tige employée doit être mince et présenter une surface un peu développée : c'est la vulcanite qui est la substance la plus sensible aux effets calorifiques. Le disque de charbon est fait avec du noir de fumée provenant de la flamme de lampes à pétrole, que l'on comprime pour lui donner la forme ovale.

AVERTISSEUR TÉLÉPHONIQUE

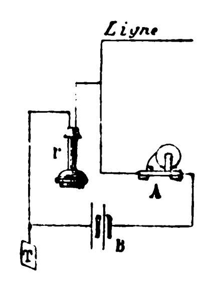
DE M. COOKE.

Dans cet appareil, c'est le téléphone récepteur lui-même qui appelle l'attention du correspondant, dispensant ainsi d'une sonnerie ou d'un fil spécial.

On sait que l'interruption ou l'établissement d'un courant électrique, ou une variation brusque dans l'intensité d'un courant continu produit un bruit sec dans un téléphone placé dans le circuit; si on produit une série de contacts rapidement établis et interrompus, ou une série de variations rapides dans l'intensité du courant, le téléphone rendra un son que l'on peut entendre dans toute une salle et à plusieurs pieds de distance de l'instrument. L'avertisseur Cooke se compose d'une roue de laiton de 60 millim. de diamètre environ centrée sur un axe horizontal fixé à un support et à laquelle une manivelle permet d'imprimer une rotation dans un plan vertical. Le contour de la roue est strié, et contre les stries presse la pointe d'un léger ressort métallique, disposé de telle sorte que cette pointe s'élève et retombe successivement par le passage sous elle des dents de la roue.

La roue et le ressort étant dans le circuit d'une pile et d'un téléphone, la rotation de la roue produira un

courant vibratoire. Pour éviter qu'on ne laisse par mégarde la pile en communication avec la ligne téléphonique, l'instrument est muni d'un interrupteur en forme



de bouton de sonnerie posé sur son support, et dont les communications avec les bornes, le ressort et la roue sont disposées de manière que la pile et la roue soient toutes les deux en dehors du circuit, et n'y puissent rentrer qu'en poussant le bouton, comme pour faire fonctionner une sonnerie électrique.

Pour appeler l'attention du correspondant, il suffit de presser sur le bouton avec la main gauche, et de tourner en même temps la roue avec la main droite. La figure montre la disposition des communications en vue des transmissions à petite distance, dans l'intérieur d'une ville ou d'une usine. On emploie la terre ou un fil de retour. Le téléphone de la station de départ se trouvant aussi dans le circuit du transmetteur, l'opérateur reconnaîtra par le fonctionnement de son propre téléphone que son poste est en bon état. Mais pour de longues distances, la résistance de la ligne devenant très-supérieure à celle des instruments, il serait nécessaire de remplacer le bouton de sonnerie par un manipulateur Morse, afin de mettre le téléphone de la station de départ hors du circuit, quand on envoie le courant de la pile. Et même, dans ce cas, il vaut mieux se servir d'une sonnerie télégraphique.

On obtient des appels très-distincts avec un seul élément Leclanché petit modèle, pour une distance de 800 mètres; mais pour plus de sûreté, on en met deux, et le son s'entend dans un plus grand rayon : avec ces

deux éléments, on entendra les appels à travers un fil de 3 kilom. de long.

Cet avertisseur convient également au microphone articulant et aux téléphones à courant de pile, la même pile servant alors à la fois à appeler et à parler.

Un des inconvénients des avertisseurs qu'on emploie habituellement dans les circuits téléphoniques qui n'ont pas de fil spécial pour la sonnerie, c'est la nécessité d'avoir un commutateur pour relier à la ligne soit la sonnerie, soit le téléphone.

Quand on est sur sonnerie, on ne peut pas se servir du téléphone, et quand les téléphones sont dans le circuit, on ne peut pas envoyer de signal d'appel. La Compagnie téléphonique y remédie par un ingénieux artifice, qui consiste en un commutateur automatique fixé au support à fourche, auquel est suspendu le téléphone quand on ne s'en sert pas. Tant que le téléphone est sur son support, son poids maintient baissé le levier du commutateur, et la sonnerie est dans le circuit ; dès qu'on enlève le téléphone, un ressort fait soulever le levier, et met le téléphone dans le circuit.

Si, après avoir échangé une transmission, on oublie de remettre le téléphone sur son support, et qu'on le laisse sur la table, le correspondant ne pourra pas appeler. Cet inconvénient n'existe pas dans l'avertisseur de Cooke, puisque le téléphone reçoit lui-même les appels.

Légèrement modifié, cet appareil peut servir de parleur Morse, et il a l'avantage de fonctionner avec une pile très-faible. Il suffit de faire tourner la roue d'une manière continue par un mécanisme d'horlogerie, et en manipulant l'interrupteur comme à l'ordinaire, on produira des sons longs et brefs, correspondant aux traits et points.

Pour la transmission de signaux conventionnels très-simples, comme 1 coup, 2 coups, 3 coups, etc., on se dispense de la clef ou du bouton de manipulation, et les signaux sont transmis par le nombre de tours qu'on donne à la roue. Dans ce cas, une petite portion de la circonférence de la roue est enlevée et remplacée par un arc d'ébonite et de toute autre matière isolante, contre lequel le ressort presse quand on ne se sert pas de l'instrument, et qui est placé, par rapport à la manivelle de la roue, de telle sorte que quand on abandonne l'instrument à lui-même, le poids de la manivelle fait arrêter la roue dans la position où le ressort presse contre la partie isolée.

Le téléphone récepteur qui doit émettre les signaux d'appel doit avoir son embouchure dirigée vers la salle, et on renforce considérablement le son dans la direction voulue en fixant au support une trompette conique de papier ou d'étain, dont le petit bout pénètre dans l'embouchure du téléphone.

Ces perfectionnements sont dus à M. E. Paterson.

(*Engineering.*)

SUPPORTS ISOLANTS

PAR M. MASCART.

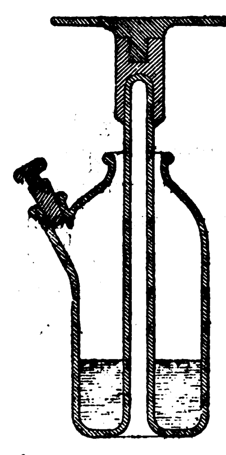
(*Journal de Physique.*)

Sir W. Thomson a insisté souvent sur la nécessité d'isoler avec des soins particuliers les appareils destinés à l'étude de l'électricité statique ; il a fait remarquer que l'air et les gaz, même humides, n'interviennent que pour une très-faible part dans la déperdition, et que l'électricité s'échappe principalement par la couche d'humidité qui recouvre les supports et rend leur surface conductrice. Tous les électromètres construits d'après les indications de sir W. Thomson sont ainsi desséchés par de l'acide sulfurique liquide ou par de la pierre ponce imbibée du même acide.

Cette méthode s'est généralisée. Les corps que l'on veut maintenir isolés, tels que les appareils destinés à l'observation de l'électricité atmosphérique, peuvent être portés par des tiges de verre qui sont entourées d'un cylindre de ponce sulfurique, ou qui sont plongées dans un flacon en partie rempli d'acide sulfurique. Dans ce dernier cas, les tiges sont maintenues par des rondelles de plomb, ou bien peuvent être scellées dans un mastic peu attaquable, comme une couche de soufre ou de paraffine. Les appareils à plomb sont lourds et incommodes ; la fusion du soufre lui fait casser beaucoup de

flacons, et la paraffine, sans être inattaquable, n'est pas assez solide. Ces supports sont excellents, au moins pour un usage temporaire; mais, si l'on veut s'en servir d'une manière permanente, la disposition suivante paraît présenter beaucoup plus d'avantages.

Le support est un flacon dont le fond est remonté jusqu'au-dessus du col, de manière à constituer une tige centrale, et qui est muni d'une tubulure latérale, pour introduire et enlever l'acide. La distance de la tige au bord du col est très-petite, pour que l'atmosphère du flacon ne puisse se renouveler facilement. Sur cette tige on installe des montures de forme quelconque, plateaux, crochets, etc. En outre, pour éviter que l'acide sulfurique n'absorbe de l'humidité inutilement quand le support ne sert pas, il suffit de disposer sur la tige centrale une sorte de capuchon, monté à frottement, qu'on abaisse sur le col si l'on veut fermer le flacon, et qu'on relève de façon qu'il ne touche plus les bords quand on veut isoler la tige.



Un double pendule électrique posé sur un pareil support conserve très-longtemps sa divergence, même dans une salle remplie de monde; on peut montrer d'ailleurs, par une expérience très-simple, l'efficacité de cette disposition et l'insuffisance des tiges de verre exposées à l'humidité de l'air. On place sur un pareil support un double pendule à fils de coton, suspendu par une tige de verre, même vernie à la gomme de laque. Quand on électrise le pied de ce pendule en le mettant en commu-

nication, par exemple, avec un condensateur électrisé, les boules ne se repoussent pas d'abord, mais peu à peu l'électricité se propage le long de la tige de verre, les fils de coton commencent à se séparer vers la partie supérieure et bientôt après les boules s'écartent et se maintiennent à une certaine distance.

Les électromètres de sir W. Thomson sont quelquefois tellement isolés que la perte n'atteint pas $\frac{1}{100}$ en 24 heures ; on peut obtenir un isolement de même ordre pour des corps électrisés dans l'air ordinaire, et diminuer ainsi, dans de grandes proportions, l'une des causes d'erreur les plus graves que l'on rencontre dans les expériences relatives à l'électricité statique.

EXTENSION

A LA PROPAGATION DE L'ÉLECTRICITÉ

DES FORMULES DE FOURIER

RELATIVES A LA DIFFUSION DE LA CHALEUR

PAR M. A. CORNU.

(*Comptes rendus.*)

Le mécanisme de la propagation de l'électricité est encore inconnu, et c'est le plus souvent par voie d'assimilation avec les lois de la diffusion de la chaleur qu'on a pu faire entrer dans le domaine du calcul les phénomènes divers que présente la circulation électrique dans les conducteurs. Jusqu'à quel point cette assimilation est-elle légitime, c'est-à-dire vérifiée par l'expérience? C'est ce que je me propose d'exposer brièvement.

Dans le cas de régime permanent, les lois de la propagation de la chaleur et de l'électricité présentent l'accord le plus satisfaisant : les vérifications expérimentales ont été couronnées d'un succès si éclatant que, malgré la différence qui existe entre les manifestations de ces deux agents physiques, l'extension des lois de Fourier proposée par Ohm paraît un des points les mieux établis de la philosophie naturelle.

Le succès obtenu par l'assimilation des phénomènes en régime permanent a encouragé des esprits très-hardis et très-pénétrants à poursuivre cette assimilation jusque dans les phénomènes de l'état variable. Cette extension a été le point de départ des travaux considérables qui ont rendu à la science expérimentale, et en particulier à la théorie des transmissions télégraphiques, les services les plus signalés. Quant aux vérifications expérimentales destinées à légitimer cette extension, elles sont, il faut l'avouer, peu nombreuses et encore moins probantes. Ces vérifications peuvent se présenter sous deux formes; voici la première :

Existe-t-il des ondes électriques assimilables, sous certaines conditions, aux ondes élastiques, et se propageant avec une vitesse constante ?

Les ingénieurs électriciens, raisonnant d'après leur expérience quotidienne, admettent l'existence de véritables ondes électriques, mais ils n'ont presque aucune occasion d'en mesurer la vitesse. La loi déduite de l'équation de Fourier indique que le sommet de l'onde exige pour se transmettre un temps proportionnel au carré de la distance. Dans les cas peu nombreux où la mesure de la durée de la propagation a pu être effectuée, l'expérience a montré que cette durée variait moins vite que le carré de la distance, et dans certains cas (Expériences de M. Hughes; Enquête du Board of trade, p. 325) la durée a été trouvée exactement proportionnelle à cette distance.

On croit lever ce désaccord en remarquant que l'intégrale de l'équation de Fourier

$$\frac{dV}{dt} = m^2 \frac{d^2V}{dx^2},$$

(qui donne le potentiel V, à une distance x, à l'époque t)

montre qu'il n'y a pas, à proprement parler, de vitesse de propagation, parce que toute variation de potentiel en un point du conducteur entraîne, au même instant, une variation correspondante en tous les autres points, quelle que soit leur distance : en conséquence, plus les appareils seront sensibles, plus la vitesse moyenne paraîtra grande; la formule donne, en effet, une vitesse infime pour la première manifestation du courant électrique.

Ce résultat n'est pas un simple jeu de formules irréalisable par l'expérience : il est directement écrit dans les hypothèses fondamentales qu'on a, sans restriction, transportées de la chaleur à l'électricité.

Fourier suppose, en effet, que la propagation de la chaleur est due au rayonnement particulaire proportionnel à la différence de température des couples de particules, sans tenir compte de la durée de ce rayonnement, négligeant ainsi le temps nécessaire à la transmission calorifique.

Cette hypothèse, parfaitement justifiée pour la chaleur dont la durée de diffusion est considérable, n'est évidemment pas admissible pour l'électricité dans les cas où sa transmission est d'une rapidité comparable à celle de la lumière : dans le problème qui nous occupe, on voit que cette hypothèse fondamentale tranche *à priori* la question à résoudre et que, en admettant la transmission particulaire, instantanée, on admet implicitement une vitesse infinie pour la propagation de l'électricité, ce qui est évidemment absurde.

Mais, laissant de côté cette difficulté et beaucoup d'autres, admettons que les expériences pour la mesure de la vitesse de transmission des signaux soient insuffisantes à prouver un désaccord, on peut poursuivre la

vérification de la formule sur un terrain où la pratique télégraphique peut répondre avec une netteté complète : je veux parler du phénomène que j'appellerai, pour abréger, la *diffusion des ondes électriques*. C'est la seconde manière d'envisager la question, qui se posera ainsi :

La diffusion des ondes électriques est-elle proportionnelle au carré des distances parcourues ou à la simple distance ?

La loi de Fourier donne le carré, ainsi que le montre le calcul suivant inspiré par les études des ingénieurs électriciens sur les meilleures conditions du rendement des lignes télégraphiques.

Imaginons qu'on émette une série de courants alternatifs rhythmés : on obtiendra pour l'état électrique de la ligne une sorte de régime oscillatoire permanent dont la période sera constante, mais dont l'amplitude ira en décroissant, non pas à cause du défaut d'isolement de la ligne, mais par suite de la diffusion des ondes électriques avec la distance. L'intégrale la plus simple qui représente le phénomène, avec des conditions initiales conformes à celles de la transmission télégraphique à grande distance, est

$$V = Ae^{-\beta x} \sin 2\pi \left(\frac{t-t_0}{T} - \frac{x}{aT}\right),$$

les constante β, T, a^2 étant liées à la constante m^2 par les relations

$$\beta = \frac{1}{m}\sqrt{\frac{\pi}{T}}, \quad a = 2m\sqrt{\frac{\pi}{T}}.$$

Ainsi, même avec l'hypothèse de Fourier, il peut exister une similitude d'allure complète entre la transmission de l'électricité et celles des ondes élastiques et

l'expression onde électrique est, dans certaines conditions, parfaitement justifiée. La vitesse de propagation a est complétement définie ; seulement elle dépend de la période du rhythme, ce qui est en contradiction avec certaines expériences ; mais ce n'est pas là que doit porter notre attention. L'exponentielle montre que l'amplitude des oscillations du potentiel ou de l'intensité du courant décroît avec la distance : il en résulte que, toutes choses égales d'ailleurs, si l'on veut obtenir à deux distances données l et l' la même amplitude (par exemple celle qui caractérise la limite du fonctionnement des appareils télégraphiques), il faudra changer le rhythme des signaux suivant la loi

$$\frac{T'}{l'^2} = \frac{T}{l^2}.$$

La période ou durée du signal élémentaire devrait donc varier comme le carré des distances. Or la pratique télégraphique tend de plus en plus à établir qu'avec les appareils fonctionnant dans les circonstances précitées, la durée de transmission des signaux est plus courte que ne l'indique cette loi et qu'elle varie comme la simple distance et non comme le carré. Je me bornerai à citer à ce sujet le résumé des expériences faites sur le câble de Dublin (Culley, *Handbook of pratical telegraphy*, 5ᵉ édition, p. 327).

« Il fut ainsi reconnu que la vitesse variait sensible-
« ment comme la longueur et non comme le carré de la
« longueur du câble, en définissant la vitesse comme le
« nombre de signaux Morse parfaits qu'il était possible
« d'obtenir dans un temps donné. »

Ce résultat pratique me paraît devoir être pris en très-sérieuse considération, à cause de l'atteinte grave

qu'il porte aux lois de la propagation électrique déduites de la formule de Fourier. Du reste, une analyse élémentaire de la transmission électrique, analogue à celle de Fourier pour la chaleur, mais tenant compte des remarques précédentes, démontre la nécessité d'introduire dans l'équation différentielle d'autres dérivées du potentiel par rapport au temps, lesquelles changent complétement les propriétés de l'intégrale. C'est, du reste, à ces formes d'équations que sont arrivés, par des voies très-diverses, MM. Kirchhoff, Maxwell et Lorenz.

LE TONNERRE ET LES PARATONNERRES.

I.

LES PARATONNERRES.

(*Engineering*.)

Vers le milieu du XVIIe siècle, la science admit l'identité de l'étincelle électrique et de l'éclair de la foudre. On savait que la foudre peut enflammer la poudre à canon et les gaz légers, dissoudre et volatiser les métaux, renverser les arbres et démolir les édifices, frapper les animaux et les tuer, aimanter et désaimanter l'acier, faire tourner le lait et aigrir la bière.

Benjamin Franklin obtint des résultats analogues à l'aide de l'électricité produite par sa machine électrique et emmagasinée dans sa bouteille de Leyde. En 1752, il lança, à Philadelphie, son célèbre cerf-volant au moyen duquel il soutira l'électricité des nuages. Après avoir ainsi prouvé l'identité du tonnerre et de l'éclair avec le crépitement et la lueur de l'étincelle électrique, il fut naturellement conduit à appliquer ses connaissances électriques à la recherche des moyens de garantir contre la foudre la vie et la propriété, et, en 1760, il établit le premier paratonnerre.

Les causes qui déterminent la décharge de la foudre sont semblables à celles qui déterminent la décharge d'une bouteille de Leyde. Si deux corps conducteurs de

l'électricité sont séparés l'un de l'autre par de l'air ou toute autre substance non conductrice, et qu'une charge électrique soit communiquée à l'un de ces corps, cette charge *induira* sur l'autre corps une charge contraire. Les deux électricités opposées s'attireront alors mutuellement; et, si les deux corps sont suffisamment rapprochés, ils se déchargeront l'un sur l'autre à travers l'air qui les sépare et en produisant une étincelle. En outre, si l'un de ces deux corps présente un angle ou une saillie, une grande partie de la charge s'accumulera en ce point, et il en résultera le passage de l'étincelle. C'est là le principe de la bouteille de Leyde et du phénomène de la foudre.

Selon sir W. Thomson, la plus haute autorité en fait d'électricité atmosphérique, la terre et les régions supérieures de l'atmosphère sont, comme les deux conducteurs de la bouteille de Leyde, chargées d'électricités opposées : la terre, d'électricité négative, et les couches supérieures de l'air d'électricité positive.

Les couches inférieures de l'atmosphère agissent comme le corps non conducteur ou l'isolant de la bouteille de Leyde. Les nuages, en traversant l'atmosphère, recueillent sur leurs surfaces conductrices de vastes quantités de l'électricité dont elle est chargée. Lorsqu'ils approchent de la terre ou qu'ils se meuvent horizontalement au-dessus d'elle, ils induisent silencieusement des charges puissantes sur la surface de celle-ci. Si le nuage présente des contours déchiquetés, et surtout si la surface de la terre offre au-dessous du nuage des proéminences aïgues, l'électricité s'accumule d'elle-même à ces points. L'attraction entre le nuage et la terre est alors intense, et le nuage mobile tend à se diriger vers le point saillant. Les deux électricités s'attirent de plus en plus jus-

qu'au moment où la résistance de l'air interposé qui les sépare venant enfin à céder, elles se déchargent l'une sur l'autre par la ligne ou les lignes de moindre résistance et échauffent l'air ébranlé jusqu'à l'incandescence. L'équilibre électrique est alors rétabli. Mais sans le point saillant, il n'y aurait pas de décharge, parce que, sur une surface plane, la charge induite ne peut jamais s'accumuler ainsi. Par suite, un navire sur la mer, un édifice sur une hauteur, une flèche ou un arbre, un homme à cheval dans une plaine sont spécialement exposés à provoquer une décharge qui, autrement, n'aurait pas eu lieu. D'un autre côté, nous savons que si la saillie est suffisamment pointue, elle permettra à la charge de s'écouler et de se perdre, pour ainsi dire, dans l'air. Elle devient donc une soupape de sûreté pour la charge induite sur la terre. Et au lieu d'une décharge violente et instantanée rétablissant l'équilibre, il y aura réunion graduelle des deux électricités contraires, à travers la pointe, de sorte que beaucoup de nuages orageux deviendront inoffensifs après avoir ainsi perdu leur charge. On le démontre par l'expérience bien simple d'une pointe métallique tenue à la main que l'on présente à un conducteur chargé. L'électricité induite s'écoule aussitôt silencieusement et invisiblement par la pointe et neutralise la charge du conducteur. Si, au contraire, on présente au conducteur chargé un corps non anguleux, il n'y aura pas du tout de décharge à la même distance, et s'il s'en produit une entre les parties les plus rapprochées du conducteur et du corps, elle se fera sous la forme d'une étincelle.

Nous sommes ainsi conduits à la fonction propre des paratonnerres. Les paratonnerres sont destinés à protéger certaines protubérances au-dessus de la surface du

sol, qui présentent quelque utilité, comme les édifices, et ils ne peuvent remplir ce rôle qu'autant qu'ils réunissent, par rapport aux édifices qu'ils doivent protéger, les deux conditions suivantes : offrir au passage de la décharge à la terre une résistance infiniment moins grande que celle de la maison ; et présenter des pointes beaucoup plus aiguës pour la décharge dans l'air. Ces deux conditions tendent à assurer, par l'effet des pointes aiguës, la décharge silencieuse de la plupart des nuages orageux, et à faire que si une décharge se produit, elle se rende à la terre par la tige du paratonnerre sans causer aucun dommage. Supposons que la foudre frappe un édifice qui n'a pas de paratonnerre. La brique, la pierre et le bois des murs sont bien meilleurs conducteurs que l'air intérieur des appartements ; le chemin de la décharge sera donc tout d'abord tracé à travers les murs. Car il n'est pas exact, comme on l'a cru quelquefois, que les conducteurs *détournent* de son chemin la décharge qui est déjà lancée. Alors que tout est stationnaire, la route précise que suit la décharge est bien tracée avant que la décharge ne se produise. Elle est déterminée à l'avance par les positions des conducteurs à la surface du sol qui subit *l'induction*. Les parties des murs ou des appartements qui sont métalliques sont les plus propres à recevoir la décharge, puisque le métal est meilleur conducteur que le bois sec ou la pierre. Les conduits de gaz et d'eau, les couvertures de plomb, les machines, etc., font invariablement partie du parcours que suit la foudre. Toute continuité, accidentelle ou autre, de corps métalliques dans une maison, sollicite la décharge. De petites masses de métal isolées même, telles que les cloches d'une tour, le marteau d'une porte, la montre dans la poche d'un homme, ont une influence si marquée sur la

décharge que de là est venue la croyance populaire que le métal *attire* la foudre. Les gaz chauds et la suie des cheminées sollicitent aussi la décharge.

Il est facile de comprendre que la décharge préférera suivre un conducteur métallique continu, droit depuis le sommet de l'édifice jusqu'à la terre avec laquelle il a un bon contact, plutôt qu'une course irrégulière et disruptive à travers les murailles. Mais, à moins que le paratonnerre ne présente à la décharge un écoulement suffisamment grand, une partie considérable de la décharge pourra aussi se créer un chemin à la terre à travers les murs.

Quelque bon conducteur que soit un paratonnerre, il reste toujours le danger que Faraday a appelé *l'étincelle latérale*. Si l'on envoie sur un fil droit une décharge d'électricité à haut potentiel provenant soit d'une bouteille de Leyde, soit d'une bobine d'induction, et que l'on approche de ce fil les deux extrémités d'un fil latéral recourbé en forme de boucle, on verra deux étincelles jaillir entre les extrémités de la boucle et le fil droit, ce qui prouve que le circuit latéral, quoique bien plus résistant que la portion du fil droit comprise entre ses extrémités, a détourné une partie de la décharge. De même, dans une maison, un circuit métallique partiel peut attirer une partie de la décharge de la foudre.

Si la tige du paratonnerre est un conducteur bien meilleur que ce circuit latéral, la décharge latérale, s'il y en a une, sera très-faible. Mais comme, d'une part, on ne peut pas prévoir quelle sera la puissance de la décharge, et que, d'autre part, il ne faut pas que le paratonnerre soit trop coûteux, le mieux est de relier autant que possible tous les circuits latéraux au paratonnerre

lui-même, ou, à défaut, de placer au moins la tige aussi loin que possible, électriquement parlant, des circuits de ce genre.

La foudre en zigzag est la décharge visible en l'air d'un nuage à un autre nuage, ou d'un nuage à la terre. C'est une déchirure dans l'air qui est échauffé jusqu'à devenir lumineux. L'éclair en est probablement la réflexion. Ce qu'on a dit de la protection des habitations contre la décharge directe s'applique également au *choc en retour* qui est plus dangereux pour les animaux que pour les édifices. Un nuage orageux fortement chargé induit des charges puissantes sur plusieurs protubérances de la surface du sol à la fois; mais, en général, la décharge n'a lieu qu'en un senl point. Si le nuage était un conducteur parfait, sa charge s'écoulerait par ce point; mais, de toute façon, la plus grande partie de la charge s'écoulera toujours. Il en résulte qu'au moment de la décharge, il y aura retour subit à la terre de la charge induite sur les autres proéminences. Ce choc en retour agit comme un choc direct, et bien qu'il soit raremont aussi violent, il suffit pour tuer, même à plusieurs milles de distance de l'endroit où a eu lieu la décharge directe.

La nature conductrice d'un édifice, aussi bien que sa hauteur et sa configuration, l'expose à être frappé par la foudre. Les tuyaux de cheminées sont très-exposés, tant par leur élévation que par la conductibilité de la suie et des gaz chauds auxquels ils livrent passage. Les églises, à cause de leurs tours à beffroi surmontées de croix métalliques, les édifices publics, les maisons situées sur les hauteurs, les granges contenant des produits générateurs de gaz, les fabriques d'huile de pétrole et les navires en mer sont tous exposés à être frappés par la

foudre. Avant que l'on eût appliqué aux navires les protecteurs de sir William Snow Harris, les dommages annuels soufferts par la marine anglaise s'élevaient à près de 10.000 livres. Aujourd'hui on n'entend jamais dire qu'un navire, ainsi protégé, ait été frappé. Les navires sont garantis par des tiges de cuivre encastrées dans chaque mât, et qui, longeant les traverses du pont, aboutissent aux flancs du navire, à la quille et à l'eau. Toutes les principales masses métalliques de la coque du navire sont reliées avec ces tiges. Avant que les poteaux télégraphiques fussent protégés, beaucoup d'entre eux étaient détruits par la foudre. Aujourd'hui, chaque poteau est parfaitement protégé par un fil de fer galvanisé n° 8, B. W. G. ($4^{mm},30$) qui longe le poteau depuis le sommet jusqu'en bas où un bon contact le met à la terre. Il y a lieu de penser que cette protection des poteaux, s'exerçant sur le réseau de fils qui parcourent nos cités et nos routes tend à diminuer la fréquence des coups de tonnerre en empêchant l'électricité de s'accumuler sur des points déterminés de la surface du sol.

Les conditions pratiques que doit remplir un paratonnerre se réfèrent aux trois parties qui le composent : le corps de la tige, les pointes dans l'air, et la communication à la terre. Le corps de la tige doit avoir une capacité suffisante pour livrer passage à la décharge. On n'est pas encore d'accord sur l'aire superficielle qu'il convient de donner à la tige. Quelques électriciens soutiennent que la conductibilité de la masse de la tige influe seule sur l'écoulement de l'électricité à un potentiel aussi élevé que celui de la foudre ; d'autres prétendent qu'il faut surtout tenir compte de la surface du conducteur. Des expériences récentes faites par ordre de l'administration

française des lignes télégraphiques (*), par M. le comte du Moncel, semblent démontrer que les dimensions de la surface sont un élément très-important de la capacité de la tige. La vérité est que la conductibilité de la surface et celle de la masse sont toutes deux efficaces, mais on ne sait pas encore qu'elle est celle qui agit le plus. La commission française préconise l'emploi d'une quantité moindre de métal, mais sous forme de bande.

On préfère de plus en plus les tiges en fer galvanisé aux tiges en cuivre ordinaire, et si les idées françaises sont justes, la surface plus grande des tiges en fer justifiera encore cette préférence. Les tiges de fer coûtent meilleur marché que celles en cuivre, elles résistent davantage aux causes de destruction mécaniques, tentent moins les voleurs, et leur température de fusion est bien supérieure (2.786° Fahrenheit pour le fer et 1.994° pour le cuivre). Mais, d'autre part, elles sont moins conductrices que celles en cuivre et s'oxydent plus facilement.

Les membres de la commission de Paris, en 1823, ont fixé la section minima d'une tige carrée de paratonnerre à 6/25 de pouce (6 millim.) de còté pour le cuivre, et à 3/5 de pouce (15 millim.) pour le fer.

En Amérique, on donne à la tige le pouvoir conducteur d'une tige de cuivre d'un demi-pouce carré de section ($6^{mmq}.25$). En Angleterre, on se sert eommunément d'un câble de fil de cuivre d'un demi-pouce 13 (millim.). On doit éviter l'emploi des chaînes et des tiges chaînons. D'un bout à l'autre du conducteur il devra y avoir continuité métallique complète. Les tiges de cuivre doivent être rivées et celles de fer soudées. Les câbles en fil de

(*) Ces expériences ont été faites par ordre de la Préfecture de la Seine et non de l'Administration des Télégraphes.

(*Note de la rédaction.*)

cuivre sont plus flexibles que les tiges solides, aussi sont-ils moins exposés à se rompre. Le conducteur ne doit pas avoir de courbes trop prononcées sinon la décharge, au lieu de suivre la courbe, jaillirait tout droit entre ces extrémités. Si la tige ne peut être sûrement isolée des tuyaux ou des masses métalliques intérieures de l'édifice, on devra les relier solidement à la tige. La cathédrale de Saint-Paul offre un exemple de cette précaution. La croix et la boule de métal, le plomb de la toiture, les balcons de fer des galeries, les gouttières, sont reliés aux tiges des paratonnerres. Toutes les parties saillantes de l'édifice sont munies de tiges qui toutes correspondent entre elles par des barres transversales longeant l'arête des toits. Les feuilles de plomb de la toiture sont rivées les unes aux autres par des bandes de cuivre, puis enfin reliées aux tiges. Autant que possible, on établit deux communications entre le paratonnerre et toutes ces masses métalliques de façon à établir un circuit fermé.

M. W. H. Preece, membre de la Société des ingénieurs civils, assure qu'un fil de fer galvanisé n° 4 B. W. G., c'est-à-dire d'un quart de pouce de diamètre (6 millim.) suffit pour protéger une habitation ordinaire. Un câble de fil de fer d'un demi-pouce de diamètre (12 millim.) suffit largement pour toute espèce d'habitation. Pour les châteaux et les maisons gothiques, il faudrait employer plus d'une tige n° 4.

La question controversée si longtemps de savoir si les paratonnerres doivent avoir des pointes ou non, a été résolue en faveur des pointes. On pensait tout d'abord qu'il suffisait que la tige fût une pointe comparativement à la surface du nuage ou du corps chargé d'électricité, et l'on employait des tiges émoussées, quelquefois même

surmontées de boules. Aujourd'hui, tout le monde est d'avis que les tiges doivent être très-pointues. Pour éviter que ces pointes ne s'émoussent par l'oxydation, on construit généralement ces pointes en cuivre doré ou en platine. Elles doivent être plus élevées que les cheminées d'un yard environ (soit 1 mètre), mais sans atteindre une élévation qui rende leur inspection difficile; elles doivent être tenues propres et brillantes.

Un paratonnerre manquera tout à fait son but si la communication à la terre est mauvaise. Dans ce cas, il sera plutôt une source de danger, car la décharge qu'il aura sollicitée s'écoulera à la terre à travers le bâtiment qu'il doit protéger.

Pour la communication à la terre, on a employé aussi des pointes, mais l'expérience a démontré qu'il vaut mieux se servir de grandes surfaces métalliques. Le but à atteindre, lorsqu'on cherche une communication à la terre, est de relier le paratonnerre à l'humidité de la terre par un contact parfaitement conducteur. C'est pour cela que les puits et les marais sont les meilleures terres locales. Les cours d'eau naturels, les grandes conduites dans les villes, les racines des arbres et le sol sablonneux humide doivent être recherchés pour l'extrémité des tiges de paratonnerres. Le contact de la terre humide est peut-être même préférable à celui de l'eau simplement. Si l'on prend comme terre les conduites d'eau, on devra souder solidement la tige à un endroit que l'on puisse vérifier souvent et facilement. Les feuilles de cuivre sont les meilleures plaques de terre artificielles. Elles doivent avoir une grande surface, et être rivées à la tige qui, par leur intermédiaire, doit être mise en communication avec la terre humide.

Quand on ne peut avoir l'humidité, on se sert de

couches de charbon de bois ou de coke. L'extrémité de la tige est amenée au-dessous des murs et des fondations de la maison, on la fait tourner ensuite à angle droit sur une longueur de 12 ou 16 pieds à partir de l'édifice dans une fosse horizontale remplie de charbon, et on la termine par une plaque de terre placée dans le puits ou dans l'endroit humide qu'on aura choisi. A défaut de puits ou d'endroit humide, on termine la tige au milieu d'un trou de 10 à 15 pieds de profondeur rempli de charbon de bois fraîchement chauffé. Le charbon de bois est conducteur et préserve la tige de l'oxydation.

Le rayon de l'aire sur laquelle un paratonnerre exerce son influence protectrice est égal au double de sa hauteur, suivant la commission française ; mais, dans la pratique, on se contente en général de le regarder comme égal à la hauteur du paratonnerre.

Après les soins de la construction, l'essentiel est de le visiter et de l'essayer régulièrement et systématiquement. Il faut s'assurer que les pointes restent propres et aiguës, que la barre est continue et que la communication à la terre est assurée.

Généralement il s'écoule de l'air à la terre à travers le paratonnerre, un courant qui tend à détériorer par action électrolytique la portion de la tige qui plonge dans la terre. L'usage des crampons en fer pour fixer les tiges sur les murs quand ce sont des tiges de cuivre est aussi une cause de détérioration par les temps de pluie. La malveillance et les accidents peuvent occasionner des détériorations mécaniques. On doit veiller à tous ces dérangements pendant le beau temps et non pas à l'approche de l'orage.

II.

LES COMMUNICATIONS A LA TERRE DES PARATONNERRES.

L'article précédent, traduit de l'*Engineering*, résume une longue séance de la société des ingénieurs télégraphiques en 1875, consacrée aux paratonnerres et aux effets de la foudre. Signalons encore quelques points intéressants de cette discussion.

1° La mauvaise conductibilité du sol est la cause de la plupart des accidents de foudre constatés dans les édifices pourvus de paratonnerres.

L'emploi des citernes comme moyen de relier les paratonnerres à la terre, doit être condamné formellement; si la citerne retient l'eau, elle isole cette eau du sol environnant; si le sol environnant est sec, la terre sera toujours mauvaise; s'il est humide, il vaut mieux plonger directement le paratonnerre dans la terre humide sans l'intermédiaire de la citerne.

Sir W. Thomson pense cependant qu'il y aurait lieu de vérifier si une citerne construite en ciment de Portland et pleine d'eau empêche la communication avec la terre : « Je serais porté à croire, dit-il, que l'humidité filtrant avec le ciment de Portland, sur une surface suffisamment grande de parois latérales ou au fond de la citerne pourrait donner une très-bonne communication avec la terre; mais si le sol environnant est sec et poreux, il est clair que cette communication serait mauvaise. En réalité, il est fort difficile, sinon impossible, d'avoir une communication à la terre assez bonne pour garantir de tout danger de la foudre

une maison bâtie sur un terrain élevé et sec. La seule ressource est d'amener le conducteur à une profondeur où il atteigne une couche souterraine naturellement humide. »

2° Convient-il de préférer le fer galvanisé au cuivre comme conducteur de paratonnerre. D'après le colonel Stotherd, les dimensions des conducteurs de cuivre usités dans les édifices de la guerre sont : des tiges de 1/2 pouce ($12^{mm},6$) de diamètre, des tubes de 5/8 de pouce (16^{mm}) de diamètre et de 1/8 de pouce ($3^{mm},2$) d'épaisseur et des bandes de 1 pouce et demi (38^{mm}) de large sur 1/8 de pouce ($3^{mm},2$) d'épaisseur. Le colonel Stotherd pense que des tiges de fer galvanisé de 1 pouce (25^{mm}) de diamètre ou des bandes de 2 pouces (50^{mm}) de large sur 3/8 de pouce (10^{mm}) d'épaisseur suffisent parfaitement.

M. W. H. Preece soutient qu'il y a exagération à employer le cuivre et que le fer galvanisé suffit parfaitement. Il importe de relier toutes les masses métalliques au paratonnerre pour éviter les effets du *choc de retour*.

M. Kempe pense qu'à conductibilité égale, le cuivre est moins coûteux que le fer et qu'il n'est pas exposé, comme ce dernier, à se détériorer par l'oxydation. On dira qu'un fil de cuivre mince est plus exposé à se détériorer mécaniquement qu'un fil de fer épais; mais il répond que les conducteurs des paratonnerres peuvent être placés à l'intérieur aussi bien qu'à l'extérieur des édifices.

M. Preece insiste sur la préférence à accorder au fer, d'autant que les tiges de cuivre étant fixées aux édifices par des colliers de fer galvanisé, il se produit, sous l'influence de l'humidité une action électrolytique qui tend à détruire la conductibilité.

M. Spagnoletti signale les difficultés qu'il a rencontrées pour trouver de bonnes terres le long de chemins de fer

construits sur des terrains rocheux. Les rails constituent une excellente terre ou fil de retour, mais la communication est interrompue quand on les renouvelle. Il est bon d'isoler le paratonnerre de l'édifice qu'il doit protéger. Le cuivre, comme conducteur, est préférable au fer; s'il tente les voleurs, il faut le joindre à un câble de fer d'une section cinq fois plus grande; la soudure au point de jonction, qui devra être hors d'atteinte, sera faite en plomb. Une pompe, une conduite d'eau, un puits où le fil est conduit, fourniront en général une bonne terre. Les sols bas, humides et argileux donnent une bonne terre et un trou de 5 à 6 pieds est alors suffisant.

Le colonel Stotherd reprend quelques points de la discussion :

1° En ce qui concerne les dimensions des conducteurs en cuivre, sir W. Snow Harris recommandait l'emploi de conducteurs de dimensions bien supérieures à celles usitées aujourd'hui. On a réduit les dimensions à celles qui ont été déjà indiquées. Plusieurs autorités éminentes pensent qu'on pourrait encore les réduire; mais quand il s'agit de protéger un bâtiment contenant des substances explosibles, il vaut mieux exagérer les précautions.

2° Il est de règle, dans les édifices du gouvernement contenant des magasins à poudre, de relier toutes les parties métalliques de l'édifice au système de paratonnerre.

3° Les arbres qui entourent un magasin à poudre et le dépassent même de beaucoup, ne sont pas une protection suffisante si la poudrière n'a pas de paratonnerre. Les arbres frappés de la foudre sont souvent brisés; s'ils ne se protégent pas eux-mêmes, comment protégeraient-ils un édifice?

4° Les citernes ne sont plus employées pour la com-

munication avec la terre ; le conducteur métallique est toujours conduit dans la terre humide.

5° A prix égal, on peut obtenir à peu près la même protection que l'on emploie le fer ou le cuivre ; mais avec le fer, on peut avoir un plus grand nombre de conducteurs distribués sur la même surface, ce qui peut être quelquefois préférable. Mais la question de dépense est secondaire quand il y a à redouter des explosions.

6° Pour empêcher le fer de se rouiller et de se détériorer, il convient de le galvaniser. Le choix du métal doit dépendre d'ailleurs des circonstances. Ainsi, dans le voisinage des usines de produits chimiques qui dégagent des vapeurs acides, le métal le plus durable sera et le plus efficace et le plus économique.

Une grande partie de la séance est consacrée à l'examen d'un cas de foudre remarquable signalé par M. Pidgeon. Le sol était très-mauvais conducteur et la décharge, au lieu de s'enfoncer dans la terre, a suivi les lignes de moindre résistance dans toutes les directions, s'étendant sur une grande surface du sol et choisissant de préférence les endroits mouillés et les objets métalliques du voisinage. Des personnes placées dans le voisinage ont reçu une secousse violente. Le docteur Mann pense que c'est par un effet du *choc de retour* ; si la décharge de la foudre avait traversé leurs corps, elles auraient été tuées.

De certains faits constatés dans cet accident, le major Malcolm croit pouvoir conclure qu'il est inexact de dire que les paratonnerres tirent la décharge du nuage pour la conduire à la terre ; il pense que le rôle du paratonnerre est, au contraire, de tirer la charge de la terre et de la décharger sur le nuage. A l'appui de cette opinion, il cite cette remarque que, dans un cas de foudre, un

grand trou fut observé au point où la foudre pénétra dans la terre; or, la terre était dispersée autour de ce trou comme si la décharge était sortie de terre. Le major Malcolm développe son opinion dans une lettre écrite après la séance : « La plupart des orateurs qui m'ont précédé, dit-il, semblaient admettre que le but des paratonnerres est de conduire la foudre à la terre dans laquelle elle se perd et que si un obstacle vient à gêner le passage à la terre de cette étincelle qui vient des nuages, il en résulte de graves accidents. Je crois au contraire que le rôle du paratonnerre est de permettre à la portion de la surface de la terre avec laquelle il est en communication de se débarrasser elle-même de la tension qui a été induite sur elle, de telle sorte qu'avec un système idéalement parfait du paratonnerre, on ne verrait jamais la foudre dans le rayon qu'il protége. En d'autres termes, le véritable rôle d'un paratonnerre est de dissiper la tension électrique de la portion de la surface terrestre avec laquelle il est en contact, en fournissant une pointe à travers laquelle la tension ou le potentiel de la terre se dissipe, sous forme de décharge, dans la direction du nuage inducteur. Ceci est en contradiction avec l'opinion vulgaire d'après laquelle le paratonnerre saisit en quelque sorte la foudre et la conduit sûrement à la terre, opinion de laquelle il résulte que l'on parle si souvent du *choc en retour*.

« Je ne crois pas au *choc en retour* et voici comment je me représente le phénomène. Deux corps conducteurs, A et B, sont séparés par une couche non-conductrice ou diélectrique. L'un des corps, A, devenant chargé, induit sur la charge opposée B une charge égale et opposée. Si B est un conducteur parfait et qu'on y adapte un bon conducteur pointu C fixé sur la plaque B comme une épingle et la pointe dirigée vers A, l'épaisseur du diélec-

tique entre C et A sera réduite, la densité du système BC sera plus grande au point C et la dissipation se produira tout d'abord de C vers le point correspondant de la surface A; de plus, comme la résistance qu'opposent les substances diélectriques diminue à mesure que croît la tension électrique ou la pression à laquelle elles doivent résister, on établira, par cette pointe C, une ligne de moindre tension ou une sorte de perte dans le condensateur suivant cette ligne. Mais de ce qu'on place un condensateur ayant une fuite dans le voisinage d'un condensateur qui tient bien l'électricité, il n'en résulte pas que ce dernier soit affecté par les pertes du premier; en sorte qu'il ne faut pas s'attendre à ce que l'écoulement établi par le paratonnerre s'étende sur une surface indéfinie de la terre, et de plus cette décharge silencieuse ne peut avoir lieu que dans les conditions de perfection dans lesquelles on s'est placé.

« Le choc ressenti par les personnages vient de ce que leurs corps ont servi à dissiper la tension de la terre au moment critique, sans que je puisse affirmer si ce choc eût été plus ou moins fort, s'ils eussent été meilleurs conducteurs.

« Si mes idées sont exactes, la question de la communication à la terre est de la plus haute importance pour la dissipation de la tension électrique. Si la communication à la terre n'est pas bonne, la protection donnée par le paratonnerre sera illusoire. »

Le docteur Mann dit qu'il ne faut pas regarder le mouvement de la foudre dans une décharge comme s'effectuant dans une seule direction, alors que dans tous les cas de décharges électriques, il y a invariablement transmission de la force dans les deux directions. Les mouvements que subissent la terre, le bois et les autres sub-

stances matérielles au moment de la décharge de la foudre sont le résultat d'une force mécanique secondaire développée par le passage de la décharge à travers les molécules matérielles; c'est un phénomène semblable à l'explosion de substances matérielles produite par une génération subite de vapeurs dans une enceinte limitée. Les termes de foudre *ascendante* et *descendante* ne sont admissibles que s'ils expriment simplement la neutralisation des effets d'une influence qui n'est pas plus un transport en avant qu'une onde n'est le transport en avant de l'eau en ondulation.

Voici maintenant quelques extraits du résumé de la discusion par le président, M. L. Clark.

La terre est souvent un mauvais conducteur, surtout pour l'électricité à basse tension, et il arrive souvent qu'avec une très-petite quantité de l'électricité de nos piles ordinaires, on peut constater l'existence du courant à une distance de 1 mille à 1 mille et demi du point où il entre dans la terre. Ainsi on a beaucoup de difficulté à empêcher qu'un signal envoyé de Brest à Saint-Pierre soit reçu par n'importe quel télégraphe de l'île, et on a cité le cas d'un de ces signaux envoyés de Brest qui de Saint-Pierre est allé à Heart's-Content et de là revenu à Valentia, comme s'il y avait un mélange entre les deux câbles de Brest-Saint-Pierre et de Valentia-Heart's-Content.

Il est curieux de constater que les effets du passage d'un courant électrique à travers un mauvais conducteur sont tout à fait différents de ceux du passage à travers un bon conducteur. La décharge d'une bouteille de Leyde à travers de la poudre à canon ne l'enflamme pas et se borne à la disperser; mais si la décharge traverse un mauvais conducteur, comme une corde humide, la poudre a le temps de s'enflammer et de faire explosion. Un phé-

nomène analogue a été cité; le sol de l'endroit frappé était un conducteur très-mauvais, et le temps qu'a mis la décharge à passer à travers a produit les effets terribles qui ont été décrits.

Quand il y a de mauvais conducteurs, on voit toutes sortes d'effets disruptifs, ce qui n'a pas lieu avec les bons conducteurs.

En ce qui concerne la question du *fer contre le cuivre*, le pouvoir conducteur du cuivre étant cinq ou six fois plus grand que celui du fer, et le prix du cuivre étant supérieur à celui du fer à peu près dans la même proportion, il est clair que, prix pour prix, l'électricien a le choix.

Tous les électriciens sont d'avis que les paratonnerres doivent avoir une bonne communication avec la terre.

Tout en pensant qu'il importe de signaler les graves conséquences qui peut entraîner l'usage de mauvais paratonnerres, je crois cependant qu'il vaut mieux avoir un mauvais conducteur que de n'en pas avoir du tout. En ce qui concerne les grandes masses métalliques, on comprend facilement le danger d'une décharge disruptive entre ces masses et un bon conducteur de paratonnerre. Mais, considérant la surface qu'occupent les masses métalliques ordinaires comme les cloches, je ne crois pas qu'il soit important de relier toutes les masses métalliques de ce genre au paratonnerre. On aura en somme une préservation suffisante en établissant une bonne communication du sommet le plus exposé de l'édifice avec la terre humide.

M. Clark pense également qu'on ne se sert pas assez des toitures de plomb et autres conducteurs en plomb qui entrent dans la composition d'un édifice. Une maison élevée a été protégé à diverses reprises par un paraton-

nerre simplement relié à des gargouilles ordinaires, à des conduites d'eau en plomb, et des conduits de gaz en fer; avec de grands tuyaux en fer, il n'y a pas de danger.

III.

EFFETS DES TUYAUX DE CONDUITE DE GAZ ET D'EAU DANS LE VOISINAGE DES PARATONNERRES.

(H. Wilde, extrait du *Philosophical Magazine*, février 1872).

Il y a lieu de faire une distinction entre le dommage matériel direct résultant de la chute de la foudre sur un édifice et le dommage indirect résultant de l'incendie par les matières inflammables qui se rencontrent sur la ligne de décharge. Le dommage matériel est évité complétement quand les édifices élevés sont munis de conducteurs continus du sommet à la base de l'édifice et de là à la terre. L'intensité de la chute de la foudre est beaucoup diminuée dans les cas où les paratonnerres offrent cependant quelques solutions de continuité le long de l'édifice, ou bien quand l'extrémité du conducteur, pour une cause quelconque, est brusquement terminée à la base de l'édifice; le dommage se réduit alors, dans la plus part des cas, à quelques pierres ou briques détachées.

Mais le voisinage des tuyaux de conduite de gaz et d'eau dans l'intérieur des édifices munis de paratonnerres a beaucoup altéré le caractère de l'influence protectrice des paratonnerres. En effet, les tuyaux de conduite, en raison de leur grand développement et de leurs ramifications nombreuses dans les villes, présentent une résistance bien plus faible que la communication du

paratonnerre avec la terre, telle qu'elle est habituellement établie. Aussi la foudre qui a une très-haute tension, trouve souvent un chemin plus facile en jaillissant à travers l'air ou la pierre qui sépare le conducteur du paratonnerre des tuyaux de conduite, qu'en suivant le conducteur du paratonnerre; et s'il y a des tuyaux de gaz en plomb, ces tuyaux pourront être fondus et le gaz s'enflammera.

En pareil cas, le paratonnerre préserve bien du dommage direct, car les dégats à l'édifice dus à la seule présence du conduit près de la chaîne du paratonnerre sont insignifiants; mais il y a danger d'incendie. Ce danger n'existerait pas si tous les conduits employés dans l'intérieur de l'édifice étaient en fer ou en laiton, au lieu d'être en plomb; car l'inflammation du gaz vient toujours de la fusion des tuyaux de plomb; mais cette substitution dans les appareils à gaz serait dispendieuse et aurait des inconvénients.

M. Wilde est d'avis que la seule précaution à prendre, dans tous les cas où les paratonnerres sont placés sur des édifices munis de conduite de gaz ou d'eau, est d'établir *en dehors de l'édifice* une bonne communication entre l'extrémité inférieure du paratonnerre et ces conduits; de cette façon on prévient la décharge entre le conducteur du paratonnerre et les tuyaux, et les tuyaux en métal fusible placés dans l'intérieur de l'édifice se trouvent à l'abri des effets de cette décharge.

C'est à tort qu'on a élevé des objections contre l'établissement de communications métalliques entre les conducteurs des paratonnerres et le principal conduit de gaz, et parlé de dangers d'incendie et d'explosion. Car le gaz ne peut s'enflammer et faire explosion que s'il est mélangé à l'air, et le passage de la foudre le long de

conducteurs métalliques sans solution de continuité, ne peut produire l'inflammation du gaz même quand il est mélangé à l'air.

IV.

EFFETS D'UN COUP DE FOUDRE SUR UNE LIGNE TÉLÉGRAPHIQUE AUX INDES.

(R. S. Brough, extrait du *Philosophical Magazine*, août 1877.)

En 1871, à Calcutta, la foudre tomba sur un arbre dont les branches passaient par dessus les fils de la ligne télégraphique et à un pied de distance seulement. La décharge passa de l'arbre aux fils (au nombre de quatre), brisa quatorze isolateurs en porcelaine à double cloche et alla à la terre en suivant les appuis en fer qui supportaient les fils.

A l'un des bouts de la ligne, les quatre fils étaient reliés ensemble à la terre à travers les appareils dans le bureau télégraphique de Calcutta, distant de 5 milles et demi du lieu de l'accident. Les autres extrémités des fils étaient également reliés à la terre à travers des appareils, mais dans divers postes situés à des distances de 1/4 de mille, 1/2 mille, 14 milles et 25 milles. Au moment de la décharge, on ne remarqua rien d'extraordinaire dans ces divers postes.

On dit habituellement dans les livres que la foudre suit invariablement le meilleur conducteur à la terre. Cette assertion peut induire en erreur et est inexacte si on prend le mot conducteur dans le sens qu'on lui donne habituellement en électricité. Dans l'exemple précédent,

la foudre a brisé quatorze isolateurs ayant chacun une résistance de plusieurs milliers de mégohms, au lieu de prendre terre par un fil et un appareil présentant une résistance inférieure à 500 ohms. Ces auteurs semblent oublier ce fait que Faraday a démontré expérimentalement, il y a longtemps, à savoir qu'en même temps qu'il s'exerce une force *électromotrice au simple potentiel et tendant à produire une décharge conductive, il s'exerce également une force mécanique proportionnelle au carré du potentiel et tendant à produire une décharge disruptive.* La forme qu'affecte la décharge dans un cas particulier dépend évidemment des circonstances spéciales à ce cas; mais, d'une façon générale, lorsque le potentiel augmente, *cæteris paribus*, la décharge disruptive tend à prédominer sur la décharge conductive. Quand il s'agit de la foudre, le potentiel est si grand que, pour qu'un système quelconque de paratonnerre soit efficace, il faut qu'il présente des *facilités conductives* dont la grandeur soit en rapport avec ce potentiel; c'est-à-dire que le préservateur ne doit pas présenter de résistance sensible à la terre, sinon une décharge disruptive pourrait partir du préservateur lui-même qui deviendrait alors une cause de danger (*).

La tendance à la décharge disruptive est utilisée pour protéger les instruments télégraphiques contre la foudre. Un fil de terre est placé très-près du fil de ligne dont il

(*) Tous les systèmes de paratonnerre doivent être essayés de temps en temps au point de vue de leur résistance. On peut mesurer la résistance de la terre à l'aide de deux autres terres provisoires. x étant la résistance de la terre du paratonnerre, y et z celle de chacune des terres auxiliaires, on mesure les trois résistances $x+y=a$, $x+z=b$ et $y+z=c$ à l'aide d'une méthode quelconque (pont de Wheatstone, galvanomètre différentiel, boussole des sinus de tangentes, galvanoscope gradué empiriquement, etc.), en prenant la moyenne des lectures positive et négative pour éliminer la force électromotrice naturelle développée entre les terres. On a x par la formule $x=\frac{a+b-c}{2}$.

n'est séparé que par une mince couche d'air; quand le potentiel du fil de ligne croît d'une façon anormale, il se produit une décharge disruptive à travers cette couche d'air, et le récepteur est préservé.....

Une autre assertion des auteurs est que les tiges métalliques que l'on emploie comme paratonnerres sur les édifices *n'attirent pas* la foudre. Cela dépend du sens qu'on donne au verbe *attirer;* une tige de paratonnerre détermine une ligne d'induction maxima, et une décharge aura plus de chances de se produire que si le paratonnerre n'existait pas.

M. Clerk Maxwell a fait remarquer à l'association britannique de Glascow que les paratonnerres ont plutôt pour but de décharger les nuages que de préserver les édifices menacés. C'est sans doute dans ce but que des paratonnerres sont placés dans les vignes, afin de décharger les nuages et d'empêcher ainsi les décharges disruptives et par suite la grêle.

La protection des cités, d'après le même principe, serait dispendieux et en pratique l'effet serait peu gracieux. Mais Faraday a démontré que si nos maisons étaient métalliques, elles auraient toujours le même potentiel que la terre, on serait virtuellement sous terre et on pourrait vivre dans une parfaite sécurité. Certains édifices en fer remplissent parfaitement cette condition. Sans doute, il n'est pas habituellement pratique de vivre dans une maison de métal; mais on peut vivre dans des cages métalliques presque aussi efficaces et formées de conducteurs reliant successivement à la terre les sommets, les bords des toitures et les angles de nos maisons (*).

(*) Le principe de la cage métallique de Faraday a guidé, ainsi qu'on le verra plus loin, M. Melsens dans la construction du paratonnerre de l'hôtel de ville de Bruxelles.



Les tiges usuelles de paratonnerre ne paraissent convenir qu'à des constructions qui, par leur forme, déterminent elles-mêmes des lignes d'induction maxima telles que les flèches des églises, les cheminées de manufacture, les mâts de pavillon, etc.

V.

DES PARATONNERRES A POINTES, A CONDUCTEURS ET A RACCORDEMENTS TERRESTRES MULTIPLES.

(Extrait d'une note de M. d'Almeida, publiée dans le *Journal de Prysique.*)

Plusieurs fois, depuis le commencement de ce siècle, l'hôtel de ville de Bruxelles a été frappé par la foudre. L'administration municipale, désirant mettre ce magnifique monument à l'abri de tout nouvel accident, chargea M. Melsens d'y installer des paratonnerres (*). Le problème consistait à protéger un vaste édifice au-dessus duquel s'élève une tour de 40 mètres, qui est terminée par une flèche. Au-dessus l'image de saint Michel terrassant le dragon, forme une immense girouette métallique. Pour parvenir à son but, l'auteur n'a pas manqué de suivre les instructions données par les diverses publications anglaises et allemandes, et particulièrement celles de l'Académie des sciences de Paris, instructions classiques dont il n'est pas permis de s'écarter. Mais ayant la con-

(*) Les détails les plus complets et les plus minutieux sur la construction des paratonnerres, et en particulier sur l'établissement des paratonnerres de Bruxelles, ont été réunis par M. Melsens dans un volume ayant le titre de la présente note, et pour sous-titre: *Description détaillée des paratonnerres établis sur l'hôtel de ville de Bruxelles en* 1865. Nous nous proposons de revenir sur cet important travail.

B.

science de la grande responsabilité qu'il avait assumée sur lui, en se chargeant d'un pareil travail, il chercha à appliquer les instructions données en les perfectionnant. De ces perfectionnements, est sorti un système qui est bien caractérisé par le titre même du mémoire : 1° aux quelques tiges de paratonnerre qu'il est prescrit d'élever au-dessus des édifices, M. Melsens substitue une multitude de tiges et de courtes aigrettes ; 2° le conducteur du paratonnerre n'est pas unique : il est formé d'un grand nombre de gros fils qui descendent le long de divers côtés de l'édifice et ne se réunissent qu'au voisinage du sol ; 3° la communication avec le sol ne s'établit pas au moyen seulement de l'eau du puits où plonge le conducteur, mais aussi par l'intermédiaire des conduites d'eau et des tuyaux de gaz. Nous allons passer rapidement en revue chacun des trois points signalés.

1° La tour est surmontée d'une flèche octogone qui supporte un pivot sur lequel peut tourner le saint Michel terrassant le dragon qui la domine. Sur chaque face de l'octogone se trouvent une série de tiges et d'aigrettes. Les tiges n'ont que 2 mètres de longueur et sont inclinées de 45 degrés environ, les aigrettes de 50 centimètres : les premières en fer, sont terminées par des pointes de cuivre dorées ; les aigrettes sont en cuivre rouge, en forme de cônes très-aigus, et aiguisées à la lime. De plus l'archange, qui est en métal et qui porte une épée dirigée vers le ciel, a toute l'efficacité d'une pointe de paratonnerre ordinaire. Le pivot sur lequel il tourne et la chape sont constamment usés par les frottements du mouvement de rotation, et la communication entre toutes ces pièces se trouve parfaitement établie. A chaque étage de la tour est disposé un système d'aigrettes semblables au précédent ; les tourelles, les clochetons, les hautes

saillies, les toits de l'édifice en portent également. En tout, on compte quatre cent vingt-huit pointes formant soixante aigrettes distribuées sur une dizaine de plans horizontaux. Mais ces aigrettes, quelque nombreuses qu'elles soient, sont d'un prix modique, vu leurs petites dimensions et la simplicité de leur construction. Ajoutons enfin que tout ce système est à peine visible du pied de l'édifice ; la beauté architecturale n'est pas détruite. Voici le paratonnerre armé, occupons-nous du conducteur.

2° Du pivot de la girouette, M. Melsens a fait partir huit gros fils de fer galvanisés de 10 millimètres de diamètre, qui descendent le long de la flèche octogone, un le long de chaque face. Ces fils forment par leur ensemble un conducteur de section considérable, et cependant chacun est flexible et peut épouser la forme de l'édifice. Avant d'arriver aux toits des bâtiments de l'hôtel de ville, ces fils sont réunis plusieurs fois par d'autres fils qui enveloppent d'une ceinture la tour aux différents étages. Après avoir parcouru les toits, ils se réunissent dans une masse de zinc fondu puis solidifié.

3° La communication avec la terre est établie au moyen d'un large tuyau de fer étamé, qui plonge dans un puits creusé dans la cour du monument. Un faisceau de fils de fer étamés, partant de la masse de zinc qui unit les conducteurs, est soudé à ce tuyau. Dans les temps de plus grande sécheresse, la surface métallique en contact avec l'eau est au moins de 10 mètres carrés. Les communications avec les conduites d'eau et les tuyaux à gaz, sont établies par l'intermédiaire de fils étamés qui partent aussi de la base des conducteurs. Des regards permettent de visiter les jonctions. Avec le galvanomètre, M. Melsens s'est assuré que ces deux derniers modes d'union du

conducteur avec le sol étaient très-supérieurs à ceux qui sont prescrits par les instructions connues.

Par la courte analyse que nous venons de faire du mémoire de M. Melsens, on voit que les trois conditions essentielles pour qu'un paratonnerre soit efficace sont certainement remplies, plus certainement remplies que par les moyens prescrits. Si la foudre atteint jamais l'édifice et la tour en particulier, elle frappera les tiges, les aigrettes ou les huit conducteurs qui descendent en se reliant entre eux. Certes ces conducteurs, écartés de plusieurs mètres les uns des autres, sont loin de constituer une cage impénétrable à la foudre. Il faudrait pour cela qu'ils fussent très-rapprochés; mais, si le potentiel n'est pas constant dans tout l'espace qu'il embrasse, ses variations sont notablement réduites et les forces électromotrices qui peuvent y être mises en jeu ne doivent laisser aucune inquiétude. M. Melsens ne craint pas de monter au sommet de la flèche par les plus forts orages, et il n'y a pas grande témérité.

Il reste enfin un dernier point qu'il est utile de signaler; d'autant plus que, jusqu'à ces derniers temps, on a négligé de s'en occuper, et cependant il a une grande importance; je veux parler de la vérification du paratonnerre. Les dispositions prises par M. Melsens rendent cette vérification facile. En faisant fondre le zinc qui est contenu dans la cuve où se rendent les huits conducteurs, on peut les en détacher et la communication avec le sol est interrompue. D'ailleurs, un fil métallique recouvert de gutta-percha descend du sommet de l'édifice; là, à ce sommet, il se trouve constamment uni au système des conducteurs et arrive jusque près du sol. Un galvanomètre mis en relation avec ce fil et avec les conducteurs permet de vérifier la conductibilité de ceux-ci. Du reste,

cette vérification ne doit pas empêcher de vérifier les conducteurs et de s'assurer de visu de leur état de conservation. La visite des soudures est surtout nécessaire.

VI.

EFFETS DE LA FOUDRE SUR LES ARBRES ET LES TOITURES MÉTALLIQUES.

(Extrait d'un article de M. de Parville, inséré dans le *Journal Officiel* du 10 septembre 1874.)

Les observations suivantes ont été recueillies par M. le docteur Bérigny, à l'occasion de l'orage qui a élaté sur Versailles, pendant la nuit du 1er au 2 septembre 1874.

Avenue de Paris, la foudre a frappé le sommet d'un arbre; elle a marqué deux sillons profonds bifurquant vers le sud-ouest et le sud-est. A 22 mètres de distance s'élevait un paratonnerre, mais il était moins élevé que l'arbre. Au Chesnay, la foudre, en tombant sur un peuplier, est descendue en tournant légèrement jusqu'à une loupe située à 3 mètres du sol; de là elle s'est jetée presque horizontalement sur un petit saule, d'où elle est descendue au sol. Des éclats du peuplier ont été projetés à 60 mètres du pied. — A Trianon, elle a foudroyé un sapin en traçant une rainure hélicoïdale du sommet à la base; 60 mètres plus loin existait un paratonnerre.

Avenue de Mortemart, c'est encore un arbre qui a été atteint : un orme. A côté existe un campement du train. La foudre est passée de l'arbre sur la croupe d'un cheval pour suivre la jambe et s'échapper par le sabot et le fer de l'animal. L'électricité a tracé sur le cheval un sillon

profond, comme l'eût fait une balle. L'animal a été tué sur le coup.

Il résulte des faits qui précèdent que :

1° Toutes les fois que le tonnerre ne rencontre ni branches ni loupes, il descend verticalement en faisant une rainure très-nette et très-étroite, de quelques centimètres de largeur;

2° Quand il rencontre les branches, il les contourne successivement et décrit une rainure hélicoïdale;

3° Quand il rencontre une forte loupe, il s'arrête brusquement et change de direction pour se jeter sur les corps conducteurs voisins, quelquefois dans plusieurs directions.

On voit jusqu'à quel point les arbres sont menacés par la foudre. Les arbres sont foudroyés autant, sinon plus que les tiges métalliques. Aussitôt que la pluie tombe sur leurs feuilles et les rend conducteurs de l'électricité, les arbres devienne de véritables paratonnerres. Il faut donc bien se garder de se mettre à l'abri sous les arbres, car la foudre attirée peut sauter du végétal sur tous les objets environnants. Il y a de grandes différences de conductibilité électrique entre les diverses essences. Les peupliers paraissent très-aptes à recevoir la foudre, ainsi que l'a montré M. Colladon, de Genève. Un peuplier réuni par une communication métallique à un ruisseau, à une mare, constitue un excellent paratonnerre.

M. Colladon cite l'exemple d'un peuplier voisin d'un grenier rempli de paille qui amena la foudre et détermina l'incendie de la ferme. Il aurait fallu que le tronc de l'arbre fût entouré d'une lame métallique communiquant avec un amas d'eau. L'électricité aurait été éconduite et se rerait écoulée dans le sol. La preuve que les peupliers sont les arbres que la foudre frappe le plus volontiers se

trouve dans ce fait que le tonnerre, dans un groupe de peupliers, tombe toujours sur le plus élevé, tandis que le nuage d'où part la foudre vient de passer au-dessus d'arbres plus élevés, mais d'essences différentes, telles que chênes, marronniers, tilleuls, etc.

Généralement, la foudre frappe à la fois toutes la surface des feuilles, et cet épanouissement se constate par l'absence presque constante de traces sensibles de l'action de l'étincelle foudroyante sur la partie supérieure de l'arbre. La foudre suit les branches et se concentre dans le tronc; elle forme une entaille longitudinale ou hélicoïdale dans la direction des fibres, et part d'un point plus ou moins élevé pour sauter jusqu'au sol. Comme de raison, les hommes ou les animaux qui ont cherché un refuge contre la pluie, sous l'arbre, sont foudroyés.

Plusieurs arbres sont souvent atteints par le même coup de tonnerre. M. Colladon cite 355 ceps de vignes qui furent frappée du même coup. On a signalé des cas où plus de 25 personnes furent blessées à la suite du même éclair. En 1822, près de Hayingen (Wurtembeurg), 248 moutons furent foudroyés par un éclair et 216 périrent. M. d'Abaddie parle d'un coup de foudre en Éthiopie, qui tua 2.000 chèvres.

Il va sans dire que le dommage causé est d'autant moindre que l'action électrique s'exerce simultanément sur un plus grand nombre de points. On conçoit ainsi comment la foudre, tombant sur le sommet d'un arbre, peut n'y laisser aucune trace. En général, l'égratignure du tronc est visible; elle descend jusqu'au sol sur les chênes et s'arrête à quelques décimètres de terre sur les peupliers et les sapins. Quand la foudre saute dans la terre, elle y produit une fulgurite de quelques millimètres.

A propos d'un orage qui a éclaté sur Vendôme, le 26 mai 1874, M. H. Nouel a fait ressortir quelques faits intéressants bons à enregistrer. La foudre a frappé plusieurs maisons avec bifurcation de l'étincelle. Une cheminée notamment fut directement atteinte; de la maçonnerie, le fluide descendit par une barre de fer en X jusqu'au toit, qu'il ravagea sur une longueur de 2 mètres, pour gagner les feuilles de zinc qui bordent la base d'une lucarne et atteindre les gouttières, qu'il suivit jusqu'au ruisseau de la rue. Ailleurs encore, mêmes effets. La toiture est atteinte, puis l'électricité s'écoule par les gouttières.

Dans les trois cas examinés par M. Nouel, l'électricité a suivi les feuilles de zinc dont l'emploi se généralise de plus en plus pour les couvertures, a gagné, sans causer de dommages, les gouttières et les conduites jusqu'au sol. Les gouttières et les conduites ont donc joué le rôle, non pas de paratonnerre complet, mais de conducteur amenant jusqu'au sol et extérieurement l'étincelle électrique.

On se rend facilement compte de ces résultats en se rappelant : 1° que l'électricité statique se porte toujours à la surface des corps, de telle sorte qn'une gouttière et son tuyau, malgré le peu d'épaisseur du métal, constituent un excellent conducteur de l'électricité, offrant moins de résistance à son passage que les conducteurs des meilleurs paratonnerres; 2° que le tonnerre ne tombe généralement que pendant les fortes averses, en profitant de la communication avec le sol que lui offre la série verticale des gouttes de pluie, de telle sorte que les descentes de gouttières, *au moment des orages*, deviennent des conducteurs communiquant parfaitement avec le sol à la faveur de la colonne d'eau qu'elles débitent et qui se

relie à la série des ruisseaux aboutissant de proche en proche jusqu'aux cours d'eau permanents.

Ceci n'est du reste pas un fait isolé, seulemont observé par M. Nouel, Gay-Lussac disait dans son *Instruction* de 1823 : MM. Rittenhouse et Hopkinson, dans le tome IV des *Transactions philosophiques américaines*, rapportent un exemple remarquable de l'inconvénient qu'il y a à ne pas établir une communication parfaite entre le paratonnerre et le sol. La foudre avait frappé le paratonnerre, puisqu'elle avait fendu profondément sa pointe; mais l'autre portion n'ayant pu s'écouler assez promptement par la même voie, ravagea le toit pour se porter de la tige du paratonnerre sur une gouttière en cuivre dont elle suivit la conduite, qui était alors pleine d'eau et lui offrait par conséquent un écoulement facile sur la surface du sol.

Cet exemple est remarquable, puisqu'il montre une étincelle électrique se partageant entre un conducteur de paratonnerre et une gouttière, et cela malgré un obstacle isolant, puisque le fluide ravagea le toit pour atteindre la gouttière.

Les architectes pourraient sans doute utiliser ces observations pour protéger presque sans frais les maisons des effets de la foudre, sinon de la foudre elle-même. Il leur suffirait de relier à la galerie des gouttières, par des feuilles de zinc *continues et soudées*, l'enfaîtement en zinc du toit s'il existe et d'établir le long des cheminées, qui sont presque toujours les points atteints, une simple barre en fer verticale, pour les consolider et dépassant un peu le sommet. Ces barres seraient reliées métalliquement avec les gouttières.

M. Nouel fait remarquer que sur les toitures des constructions modernes, il n'y a le plus souvent que quel-

ques légères solutions de continuité métallique entre le sommet des cheminées et le système des gouttières, et que rien ne serait plus facile que de les faire disparaître, surtout au moment de la construction. Le système est réduit à sa plus simple expression, puisque l'auteur supprime la tige et le conducteur, et repose, comme on le voit, sur une loi vraie, à savoir que *le tonnerre ne tombe que pendant la pluie.* Les étincelles en zigzag qui frappent instantanément le sol paraissent suivre toujours, selon M. Nouel, la série des gouttes d'eau que forme la pluie, de même que l'éclair dans les nuages, se propage toujours à la faveur des globules du brouillard qui relient entre eux les nuages électrisés.

De tout ce qui précède, M. Nouel tire quelques conséquences pratiques :

1° Il est possible, presque sans frais, de mettre les maisons ordinaires à l'abri des accidents de la foudre en établissant une bonne comminication métallique des cheminées et du faîte avec le système des gouttières, en se fiant à la pluie pour compléter la communication avec le sol, au moment des orages.

2° Même pour les parratonnerres complets, on devrait utiliser, comme conducteur, les gouttières et leurs descentes, en établissant une branche partant de l'extrémité inférieure du tuyau de la gouttière et communiquant profondément avec le sol.

3° Il y aurait lieu, dans tous les, de remplacer les conducteurs pleins des paratonnerres par des tuyaux creux de même masse et de plus grand diamètre. M. Nouel conseille même de rejeter complétement les cordes métalliques, par la raison que l'électricité, suivant toujours la surface du conducteur, n'emprunte à

cette corde qu'un petit nombre de ses fils, qu'elle peut volatiliser et disperser.

Les considérations développées dans ce travail paraissent logiques. Répétons encore que dans les fermes, dans les maisons de campagne, on ne saurait trop se rappeler que les peupliers, probablement à cause de leur bois naturellement spongieux, peuvent devenir d'excellents paratonnerres. Il suffirait d'envelopper leur base de lames métalliques et de mettre ces lames métalliques en relation avec un ruisseau ou une mare.

CHRONIQUE.

Légion d'honneur.

Parmi les promotions et nominations dans la Légion d'honneur qui ont été faites à l'occasion de l'Exposition universelle de 1878, nous citerons les suivantes :

Au grade d'officier.

MM. BRÉGUET, membre de l'Institut, constructeur d'appareils télégraphiques, à Paris.

GAUTHIER-VILLARS, libraire du bureau des longitudes et de l'Observatoire. Éditeur d'ouvrages scientifiques. (Ancien inspecteur des lignes télégraphiques.)

GRANDEAU, directeur de la station agronomique de l'Est, à Nancy. (M. Grandeau a fait des expériences sur l'influence de l'électricité atmosphérique sur la nutrition des plantes. V. page 550.)

MÉNIER, fabricant de chocolat à Noisiel. (M. Ménier est propriétaire d'une usine de fabrication de câbles sous-marins.)

Au grade de chevalier.

MM. DELEUIL, fabricant d'instruments de précision.

DUNOD (P.-C.), éditeur. (M. Dunod est éditeur des *Annales télégraphiques.*)

THOMASSET, constructeur d'appareils d'essai pour métaux. (M. Thomasset a construit un appareil pour l'essai des poteaux télégraphiques.)

BONTEMPS et BAUDOT, déjà signalés, page 475.

Téléphone pouvant transmettre les sons à distance de M. Righi.

Le récepteur de ce téléphone est, à peu près, un téléphone Bell ; seulement la lame de fer est fixée sur une membrane



de papier parchemin, tendue au fond d'un entonnoir, et l'aimant est plus gros qu'à l'ordinaire.

Le transmetteur se compose d'une planchette de bois, ou d'une lame métallique, ou encore d'une membrane tendue, au milieu de laquelle est fixée une pièce métallique dont la surface inférieure est plane. Cette pièce s'appuie sur de la poudre conductrice contenue dans un dé métallique, qui est porté par une lame élastique pressée par une vis. La poudre peut être formée d'argent, de cuivre, de fer, de charbon, de plombagine, ou mieux encore d'un mélange d'une des dernières substances avec de l'argent.

Le courant d'une pile passe par la poudre et par la bobine du récepteur. Les trépidations de la pièce métallique qui touche la poudre, produisent dans celle-ci des variations notables de conductibilité, qui donnent lieu à des variations d'intensité dans le courant, et enfin à des vibrations dans la membrane du récepteur.

L'avantage qu'il y a à faire usage d'une poudre au lieu de corps solides, tels que le charbon ou le graphite, c'est qu'avec ces corps qui sont friables, des parcelles se détachent et donnent lieu à des sons discordants qui empêchent de bien comprendre les mots.

Pour correspondre entre deux postes, il faut placer, à chacun, un transmetteur et un récepteur. Une boussole indique le passage et l'intensité du courant, et un commutateur permet d'enlever du circuit le transmetteur dans le poste où l'on écoute.

On peut faire fonctionner l'appareil avec des lignes d'une grande résistance, en adoptant des bobines d'induction. A chaque poste on a une pile dont le courant se ferme, en passant par le gros fil de la bobine d'induction, dans le récepteur et dans le transmetteur (lorsque l'on transmet). On a ainsi deux circuits indépendants dans les deux postes. Un troisième circuit est formé par la ligne de terre et le fil fin des deux bobines. On a pu intercaler des bobines de résistance représentant 2,000 kilomètres, sans que les sons aient été sensiblement affaiblis. Enfin, celui qui écoute dans un des postes peut, à tout moment, parler à son tour et interrompre, s'il le faut, son correspondant. (*Comptes rendus*).

Le condensateur chantant.

Cet appareil construit par M. Gaiffe, d'après les indications de MM. Pollard et Garnier, a été expérimenté chez M. du Moncel, qui rend compte de ces essais dans le journal *l'Électricité*, numéro du 13 octobre dernier.

Ainsi que M. du Moncel le fait remarquer, cet appareil n'est pas nouveau, il a déjà été question dans les *Annales télégraphiques* (page 91, tome V), d'une disposition analogue imaginée par M. Varley.

Voici une description sommaire du système en question:

Le transmetteur est une embouchure de téléphone ayant pour armature une très-mince feuille de fer-blanc et formant le dessus d'une boîte plate dans l'intérieur de laquelle se trouvent placés, suivant l'axe, deux petits cylindres de charbons, fixés l'un à la lame de fer-blanc, l'autre à une traverse remplaçant le fond de la boîte et ayant une certaine élasticité; une vis permet de régler la distance entre les charbons.

Le récepteur est un simple condensateur composé de 28 feuilles d'étain de 0,09 sur 0,12. Les charbons du transmetteur sont reliés au fil primaire d'une bobine d'induction, une pile de quelques éléments étant intercalée dans ce circuit. Le second fil de la bobine est mis en communication avec les armatures du condensateur. Les charbons, sans se toucher à l'état normal, doivent être assez rapprochés pour que les vibrations de la lame de fer-blanc puissent effectuer des contacts suffisants. L'appareil étant convenablement réglé, le condensateur résonne chaque fois que l'on émet un son en tenant la bouche très-près de l'embouchure.

Microphone explorateur de MM. Chardin et Berjot.

Cet instrument, destiné à la recherche des calculs pierreux dans la vessie, se compose d'une tige métallique légèrement recourbée par une de ses extrémités et qui est adaptée à un manche à l'intérieur duquel est fixé le microphone. Celui-ci



consiste dans une petite bascule de charbon de cornue, maintenue appuyée sur un contact de charbon, par un petit ressort à boudin, et qui est reliée, ainsi que ce contact, aux deux fils d'un circuit télégraphique dans lequel est interposée une pile. Quand la pointe de la tige rencontre un corps pierreux, il se produit dans le téléphone un bruit sec et métallique, que l'on distingue très-facilement des autres bruits dus au frottement de la tige sur les tissus.

(*Comptes rendus.*

Logographe de Barlow.

Le logographe de Barlow est un appareil qui donne une représentation graphique des mouvements vibratoires communiqués à l'air par la parole. Lors de son invention, il y a 4 ans, on se proposait d'en faire un mode de sténographie, mais ce but n'a pas encore été atteint. Son fonctionnement repose sur ce fait bien connu, que lorsqu'on parle, l'air est chassé avec force de la bouche, et s'en échappe en jets dont l'intensité et la grandeur varient.

L'appareil se compose d'une embouchure qui ressemble à celle d'un porte-voix et qui est fermée à l'une de ses extrémités par un diaphragme de caoutchouc de 2 pouces et 1/4 de diamètre environ.

Un petit pinceau de poils de chameau, imbibé d'encre ou de teinture d'aniline est fixé au centre du diaphragme, et vibre en même temps que ce dernier. Une bande de papier blanc entraînée par un mouvement d'horlogerie se déroule d'un mouvement uniforme juste au-dessous de la pointe du pinceau. Quand on parle dans l'embouchure, le diaphragme est mis en vibration et le pinceau trace sur la bande de papier une courbe très-irrégulière. Cette courbe est la représentation graphique des mouvements mécaniques de l'air engendrés par la voix. Les mêmes mots répétés donnent toujours à très-peu près la même courbe. Il y a des petites variations dues à diverses causes, mais la forme générale de la courbe est sensiblement la même, en sorte qu'il serait possible, par la comparaison d'un certain nombre de résultats,

d'obtenir des courbes types qui seraient la représentation graphique exacte du langage articulé. Les consonnes donnent des vibrations considérables se traduisant par des courbes à longues saillies, s'écartant notablement de l'axe, tandis que les sons voyelles donnent des vibrations très-petites.

Il y beaucoup de ressemblance entre l'écriture du logographe et l'enregistrement des signaux télégraphiques par le syphon-recorder.

M. Barlow a également profité de ses expériences pour établir des statistiques trés-intéressantes; ainsi il a constaté qu'en prononçant une voyelle on exhale ordinairement 1 1/2 pouce cube de souffle.

Une expiration ordinaire contient 40 pouces cubes de souffle et une expiration extraordinaire, 80 ou 90.

(*Engineering.*)

Sur les variations d'intensité que subit un courant quand on modifie la pression des contacts établissant le circuit.

Par M. Trève.

Si l'on ferme le courant de l'électro-aimant de Faraday ou de Ducretet entre ses deux pôles, on n'observe, le plus généralement, ni étincelle, ni bruit; mais, si l'on ouvre subitement le courant, on entend une détonation presque égale à celle d'un coup de pistolet. C'est de la Rive qui, le premier, a signalé ces remarquables effets.

J'ai montré depuis, en 1874, que le même phénomène se reproduit, quoique moins éclatant, en opérant cette ouverture dans le voisinage d'un seul pôle de l'électro-aimant, et encore que l'influence de ce pôle unique détermine également l'arrêt instantané du petit cube de cuivre, originairement mis en rotation entre les deux pôles.

Aujourd'hui, je prends la liberté de faire remarquer que l'expérience de de la Rive permet de démontrer à un très-nombreux auditoire l'influence de la pression des contacts sur l'intensité du courant. On tient à la main les extrémités des

deux fils de l'électro-aimant, que l'on porte au contact entre ses pôles. Dans cette position, on peut faire considérablement varier le bruit de rupture, en appuyant plus ou moins fortement un fil sur l'autre. Le bruit, qui est à peine perceptible lorsque les deux fils se touchent légèrement, devient un coup de pistolet quand on les presse fortement l'un sur l'autre. On remarque également de curieux effets en établissant le contact avec des fils épointés.

(*Comptes rendus.*)

De l'influence de l'électricité atmosphérique sur la nutrition des plantes.

Par M. L. GRANDEAU.

(*Comptes rendus.*)

Voici le principe des expériences : on place deux plantes de même espèce, de même âge et d'égale venue, dans des conditions identiques de sol, d'aération, d'insolation, etc. La seule condition différente consiste en ce que l'une des plantes est soustraite à l'action de l'électricité atmosphérique à l'aide d'une cage de Faraday qui la recouvre, tandis que l'autre y est soumise. La cage est formée de quatre tringles en fer de 0m.01 de diamètre et de 1m.50 de haut; ces tiges sont reliées entre elles par un treillis de fil de fer fin, à mailles de 0m.15 sur 0m.10. Cette cage, qui permet à l'air, à la lumière, à l'eau, de circuler librement autour de la plante, soustrait *complétement* cette dernière à l'action de l'électricité atmosphérique.

Conclusions : 1° L'électricité atmosphérique est un facteur prépondérant de l'assimilation chez les végétaux.

2° Les plantes soustraites à cette influence ont élaboré dans des temps égaux, toutes choses égales d'ailleurs, 50 à 60 pour 100 en moins de matières vivantes que celles dont la croissance s'est effectuée dans les conditions ordinaires.

3° Des végétaux peu élevés au-dessus du sol sont également influencés par l'électricité atmosphérique.

4° Le taux centésimal de la matière protéique formée ne paraît pas dépendre sensiblement de l'action de l'électricité atmosphérique. Il reste proportionnel au taux de la récolte.

5° Le taux de cendres est plus élevé dans les plantes qui ont crû à l'abri de l'action de l'électricité.

6° Le taux de l'eau est moindre dans les mêmes plantes.

Je me réserve d'appliquer ces faits à l'interprétation du couvert des forêts et à l'action du voisinage des arbres sur la végétation, etc.

Je rappellerai en terminant que les belles expériences de M. Mascart sur l'influence d'un corps électrisé par la végétation confirment les faits que j'ai constatés et appuient l'interprétation que j'en donne.

Dans une autre communication, M. Grandeau continue l'exposé de ses recherches relatives à l'influence de l'électricité atmosphérique sur la végétation.

On sait que dans le périmètre d'un arbre isolé, dépourvu de branches jusqu'à une assez grande hauteur, la végétation est peu développée : ainsi, dans une vigne, les ceps situés sous un arbre produisent rarement des raisins mûrs; les arbres élevés, qui bordent les champs en culture, produisent les mêmes effets sur les récoltes avoisinantes; enfin, dans les futaies, le sous-bois a disparu, et le tapis, quand il existe, est formé par des végétaux d'une croissance médiocre.

Pour expliquer cette action du *couvert*, on invoque des causes multiples : diminution dans l'éclairage, influence de la lumière verte qui a traversé les feuilles, etc. Les expériences de M. Grandeau autorisent à ajouter à ces causes l'absence de l'électricité statique dans l'atmosphère où vivent les plantes placées dans ces conditions. L'appareil employé est un électromètre Thomson communiquant par des fils conducteurs avec un vase complétement isolé (dispositif Mascart), dont on règle à volonté l'écoulement et le niveau au-dessus du sol.

On constate ainsi que, sous les grands arbres, sous les massifs d'arbustes et sous un taillis recouvert de verdure, la tension électrique de l'atmosphère est tout à fait nulle, tandis qu'au même moment, à quelques mètres de ces corps conducteurs, on constate la présence de quantités notables d'électricité.

Indicateur et Inverseur de M. Judet.

M. Judet nous adresse la note suivante, à propos de son indicateur à effets multiples et de son inverseur, dont la description a été donnée dans le dernier numéro des *Annales :*

« 1° La bobine de l'appareil essayée à Saint-Amand, est une bobine carrée, d'une longueur réduite à 13 millimètres seulement, et par conséquent à faible résistance; le noyau de fer doux est pourvu d'une très-forte culasse.

« 2° L'indicateur peut servir de parleur en même temps que de relais de sonnerie.

« 3° Les ressorts de l'inverseur sont fixés directement sur le socle; le disque en bois employé pour faciliter la première construction a été supprimé.

« 4° L'aiguille aimantée est plus développée que ne l'indique la figure. »

Élément à chlorure d'argent de M. de la Rue, et élément constant de Clark.

Dans un mémoire présenté à la Société des ingénieurs du télégraphe, M. le Dr Muirhead constate que l'élément à chlorure d'argent de M. de la Rue est très-propre à constituer une pile d'essai et à fournir un élément de force électro-motrice.

La force électro-motrice de cet élément est en effet d'une constance peu commune pendant des jours et des mois entiers, sa résistance est uniforme; et de plus, ses dimensions sont petites et sa forme très-portative.

Il se compose d'une tige cylindrique de zinc pur, de la grosseur d'un porte-plume ordinaire, comme pôle négatif, et comme pôle positif, d'une tige semblable de chlorure d'argent à laquelle on a donné la forme cylindrique en la moulant à chaud.

Ces deux tiges plongent dans un petit vase tubulaire en verre, lequel contient une solution de 20 à 25 grammes de sel marin, ou de chlorure de zinc, ou mieux du chlorhydrate d'ammoniaque dans un litre d'eau pure.

Quelquefois le pôle positif, au chlorure d'argent, est renfermé dans une enveloppe cylindrique de parchemin qui agit comme un diaphragme poreux.

L'élément entier a 4 pouces de hauteur et 1 pouce de diamètre environ. Pour empêcher l'évaporation du liquide, on ferme le vase à l'aide d'un bouchon de paraffine ou de liége qui est percé de trous à travers lesquels passent les électrodes. Celles-ci sont formées d'un fil ou d'une lame d'argent.

La force électro-motrice de cet élément est de 1.16 volts et sa résistance de 5 ohms environ. Son principal mérite réside dans la constance de sa force électro-motrice et de sa résistance, alors même qu'on s'en sert journellement pendant plusieurs mois. Il convient donc très-bien aux essais des câbles sous-marins, car les variations de la force électromotrice de l'élément Minotto qu'on emploie ordinairement pour ces expériences, communiquent à l'aiguille du galvanomètre des mouvements irréguliers qui gênent l'observateur et nuisent à l'exactitude des expériences. Avec l'élément à chlorure d'argent on n'a pas à redouter ces inconvénients, et l'on peut observer exactement les mouvements propres à l'aiguille. Enfin, ses petites dimensions et sa forme portative le rendent très-commode pour les essais en mer ou en campagne (50 éléments occupent un espace de 1 pied cube environ).

Son prix de fabrication première est plus élevé que celui des éléments ordinaires à cause du chlorure d'argent; mais l'argent pur est réduit dans la réaction de l'élément, et, comme on peut, ou le recueillir et en retirer 80 ou 90 p. 100 du prix original du chlorure, ou le convertir de nouveau en chlorure en y ajoutant un peu d'acide hydrochlorique, l'élément est, en fin de compte, économique.

(Le prix de l'élément est de 1 shilling, non compris le chlorure d'argent qui coûte 2 shillings par élément).

M. Clark fait remarquer avec raison que l'étalon de résistance de l'association britannique nous suffit comme unité de résistance et eclui de condensateur, de 1 microfarad, comme de capacité, mais nous n'avons pas encore pu obtenir une unité de force électro-motrice bien exacte et constante. C'est dans cette intention qu'en 1873 il a construit son élément à

mercure connu sous le nom d'élément étalon de Clark. Cet élément se compose de zinc et de mercure métallique séparés l'un de l'autre par une pâte qu'on obtient en faisant bouillir, de façon à en chasser tout l'air, du sulfate de mercure dans une dissolution concentrée de sulfate de zinc.

Toutes ces substances doivent être de la plus grande pureté et l'on peut, avec avantage, ajouter à la pâte un peu de mercure libre. L'élément a environ 2 pouces de haut et 1 pouce et 1/4 de diamètre. Le zinc forme le pôle négatif. La force électro-motrice est de 1.456 volts. Cet élément n'était destiné qu'à servir d'unité de force électro-motrice et non pas à produire un courant, il n'y avait pas lieu de se préoccuper de sa résistance intérieure. Cependant on s'en est servi comme d'une pile ordinaire, mais il se polarise vite. On a remarqué que la pâte se détériore en séchant, et par conséquent l'élément est défectueux. M. Clark a cherché à y remédier en chassant l'air de la pâte demi-fluide.

Il reste encore à reconnaître si l'élément à chlorure d'argent est préférable à celui de Clark comme unité de force électromotrice, et M. Clark a annoncé qu'il se proposait de déterminer en valeur absolue, conjointement avec M. Muirhead, la force électro-motrice de ces deux éléments. Si l'élément à chlorure d'argent est aussi constant que l'autre, il sera plus avantageux, car son montage est plus rapide, et sa force électro-motrice est d'un volt environ.

(*Engineering*).

Perfectionnement apporté à la Pile au peroxyde de manganèse et sel ammoniac.

Par M. Leclanché.

Pour éviter les divers inconvénients que l'expérience a signalés dans la pile présentée par moi à l'Académie en 1876 (*), et rendre la résistance de la pile constante, j'ai cherché à rendre cette résistance indépendante de la conductibilité

(*) Voir *Annales*, t. III, p. 492.

de masse de l'aggloméré, et de l'adhérence de l'électrode polaire avec cette masse. Pour cela, il m'a suffi d'employer des agglomérés à la presse hydraulique, sous forme de plaques accolées à une lame de charbon de cornue, présentant environ un demi-décimètre carré de surface. Dans ce cas, la résistance intérieure de la pile n'est plus fonction que de la conductibilité du liquide excitateur interposé entre la lame de charbon et le zinc, conductibilité qui tend plutôt à augmenter qu'à diminuer, puisque la solution, en se chargeant de chlorure de zinc, devient meilleure conductrice. Il n'y aura donc de variable que la faculté dépolarisatrice de la plaque agglomérée, accolée à la plaque de charbon. Ce pouvoir dépolarisant sera toujours utilisable et effectif, car il est encore plus que suffisant, quand l'aggloméré ne contient plus que quelques centièmes de peroxyde de manganèse. Je puis dire que sa réduction s'opère jusqu'au dernier atome.

L'entretien des éléments construits d'après cette méthode est des plus faciles, puisqu'il suffit, lorsque la pile est usée, de changer la plaque dépolarisante accolée au charbon. Dans mon nouveau modèle, je suis arrivé à diminuer de plus de moitié le volume et le poids du mélange dépolarisateur; et, en augmentant plus ou moins le nombre des plaques accolées, je puis diminuer ou augmenter la résistance de mes couples, dans telle proportion qu'il convient. Dans ces conditions, cette résistance reste constante et tend même à diminuer. Les éléments peuvent rester indéfiniment chargés, car on sait que, dans ces sortes de piles, l'action chimique intérieure est nulle lorsque le courant n'est pas fermé. Ils réalisent, en conséquence, les conditions désirables pour l'inflammation des amorces et des torpilles. L'action dépolarisante des plaques agglomérées est si considérable qu'un simple fragment accolé à une lame de charbon polarisée suffit pour la dépolariser entièrement en moins d'une minute.

Pour la télégraphie militaire, je suis arrivé à construire ainsi des éléments forts petits et n'ayant cependant que très-peu de résistance.

(Comptes rendus).

Influence de l'électricité sur l'évaporation.

En plaçant une série de petits bassins d'évaporation communiquant avec le sol, et contenant soit de l'eau ordinaire, soit de la terre mouillée, au-dessous de conducteurs électrisés par une machine de Holtz, on reconnaît que l'évaporation est constamment exagérée sous l'influence électrique, quel que soit le signe de l'électricité, et même quelquefois doublé. M. Mascart pense que cet excès d'évaporation n'est sans doute pas limité aux cas où les forces électriques en jeu sont considérables, comme dans ses expériences : ce doit être un phénomène général dont il y a lieu de tenir compte, si l'on veut apprécier le rôle de l'électricité dans la nature, sur la production des vapeurs par les eaux, par le sol et par les végétaux.

Aimantation du nickel.

M. Wild, dans un mémoire présenté à l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg, montre que :

1° Le nickel pur peut acquérir une quantité considérable de magnétisme permanent, cette quantité n'excédant jamais la moitié ou le tiers de celle que l'acier peut prendre ;

2° L'aimantation durable qui persiste dans le nickel, quand l'action magnétisante cesse, est moins permanente que celle de l'acier. La perte lente et graduelle produite par le temps, et la perte rapide produite par l'échauffement ou le refroidissement sont proportionnellement plus grandes que dans l'acier ;

3° L'aimantation temporaire que peut acquérir le nickel pur est presque double de son aimantation permanente, moitié de celle de l'acier et le quart de celle qui se développe dans le fer doux.

BIBLIOGRAPHIE.

Téléphone et Phonographe.

ÉTUDE COMPLÈTE DE CES INVENTIONS,

Par Alfred NIAUDET, ingénieur civil (*).

Cet ouvrage est divisé en trois parties : La première est une revue des anciens procédés de transmission acoustique, porte-voix ordinaire, à liquide, à ficelle, tuyaux acoustiques, etc.

La seconde est consacrée au téléphone. — Téléphone de Riers. — Téléphone Bell et ses applications diverses. — Téléphone à membrane de Trouvé, à charbon d'Édison, de M. Antoine Bréguet. — Téléphones divers et expériences de MM. Gray, Pollard, Hugues, Navez, etc.; elle est terminé par des observations générales sur les téléphones et sur l'intensité du son reproduit.

Enfin les expériences de MM. Alfred Mayer, Cornu et Mercadier, le phonographe d'Édison, le logographe de Barlow et le phonautographe de Scott, sont décrites dans la troisième partie de cet intéressant travail.

(*) Librairie polytechnique de Baudry, libraire-éditeur, rue des Saints-Pères, 15, à Paris.

BULLETIN ADMINISTRATIF.

École supérieure de Télégraphie.

(Décision du 12 juillet 1878.)

L'École de télégraphie est destinée spécialement à former les fonctionnaires du service technique des postes et des télégraphes,

Indépendamment des élèves de l'École polytechique classés d'après leur rang de sortie dans les télégraphes, l'École reçoit d'autres élèves qui y sont admis par voie de concours, conformément aux programmes ci-annexés, et des auditeurs libres français ou étrangers dûment autorisés à suivre les cours et conférences de l'École.

Pour permettre aux agents des postes et des télégraphes d'acquérir ou de compléter les connaissances exigées pour l'entrée à l'École, des cours préparatoires, qu'ils sont seuls admis à suivre, sont institués près l'École de télégraphie.

I. — COURS PRÉPARATOIRES.

CONDITIONS EXIGÉES POUR L'ADMISSION AUX COURS PRÉPARATOIRES.

ART. 1er. La durée des cours préparatoires est fixée à une année.

ART. 2. Les agents des postes et des télégraphes comptant deux ans de service au moins sont seuls admis à suivre les cours préparatoires, sous les conditions ci-après indiquées.

ART. 3. Les connaissances exigées pour l'admission aux cours préparatoires sont celles énoncées au programme ci-annexé.

ART. 4. Tout candidat doit avoir eu 20 ans au moins ou

30 ans au plus au 1er janvier de l'année dans laquelle il se présente au concours (*).

La demande d'admission doit être adressée au sous-secrétaire d'État des Finances avant le 1er septembre.

ART. 5. Les candidats subiront dans leur région, avant le 1er octobre, un examen préalable de capacité et d'admissibilité au concours.

ART. 6. L'examen définitif aura lieu à Paris, devant un jury désigné à cet effet.

Le jury déterminera l'ordre de mérite des candidats et en dressera la liste, sur laquelle il sera statué.

II. — ÉCOLE SUPÉRIEURE DE TÉLÉGRAPHIE.

CONDITIONS EXIGÉES POUR L'ADMISSION AUX PLACES D'ÉLÈVES DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE TÉLÉGRAPHIE.

ART. 1er. L'admission des élèves a lieu par voie de concours.

Sont admis à ce concours :

Les agents des postes et des télégraphes comptant deux ans de service;

Les licenciés ès sciences;

Les anciens élèves de l'École polytechnique;

Les anciens élèves de l'École normale;

Les anciens élèves de l'École des mines;

Les anciens élèves de l'École des ponts et chaussées;

Les anciens élèves de l'École forestière;

Les anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures ayant satisfait aux examens de sortie.

Les candidats devront être Français ou naturalisés Français et être âgés de 20 ans au moins et 30 ans au plus (**).

La demande d'admission au concours doit être adressée au Sous-Secrétaire d'État des Finances avant le 1er septembre et

(*) Les conditions d'âge ne s'appliquent pas aux agents des postes et des télégraphes actuellement en service. (Bulletin des postes et des télégraphes, n° 3, p. 158.)

(**) Les conditions d'âge ne s'appliquent pas aux agents des postes et des télégraphes actuellement en service. (Bulletin des postes et des télégraphes, n° 3, p. 158.)

être accompagnée (sauf pour les fonctionnaires de l'administration) :

1° D'un extrait régulier de l'acte de naissance du candidat, et, au besoin, de son acte de naturalisation ;

2° D'un certificat de bonne vie et mœurs délivré par les autorités du lieu de son domicile, et dûment légalisé ;

3° D'une déclaration dûment légalisée d'un docteur en médecine constatant que le candidat est vacciné et qu'il a eu la petite vérole.

ART. 2. Les candidats subiront les examens à Paris, le 21 octobre, devant un jury désigné à cet effet,

Les épreuves consisteront en :

1° Une composition française (épreuve éliminatoire) ;

2° Une composition écrite sur la physique et la chimie ;

3° Un dessin graphique ;

4° Des examens oraux sur les matières du programme.

ART. 3. Le jury déterminera l'ordre de mérite des candidats et en dressera la liste sur laquelle il sera statué.

ART. 4. Les élèves qui auront, après les deux années de séjour à l'École, satisfait aux examens de sortie, obtiendront le grade de sous-ingénieur des télégraphes.

Ils concourront tous à l'avancement, sans distinction d'origine et sur le pied de la plus complète égalité.

ART. 5. Le concours pour l'admission aux places d'élèves à l'École de télégraphie pour 1878-1879 s'ouvrira à l'École de télégraphie le 21 octobre 1878.

L'ouverture des cours de l'École pour l'année 1878-1879 aura lieu le lundi 4 novembre 1878.

III.

PROGBAMME DES CONDITIONS ET DES CONNAISSANCES EXIGÉES POUR L'ADMISSION AUX COURS PRÉPARATOIRES.

I. — Les fonctionnaires des postes et des télégraphes, comptant deux ans de service au moins, sont seuls admis à suivre les cours préparatoires qui sont institués à l'École supérieure de télégraphie, sous les conditions ci-après indiquées.

II. — Les connaissances exigées pour l'admission aux cours préparatoire sont les suivantes :

1° Une écriture courante et lisible, une orthographe correcte;

2° La géographie;

3° Les connaissances en mathématiques, physique et chimie, comprises dans le programme de la classe de mathématiques spéciales des lycées;

4° Le dessin graphique.

III. — Tout candidat doit avoir eu 20 ans au moins, 30 ans au plus, au 1er janvier de l'année du concours (*).

La demande d'admission doit être adressée au Sous-Secrétaire d'État des Finances, avant le 1er septembre.

IV. — Les candidats subiront, avant le 1er octobre, un examen préalable de capacité.

V. — L'examen définitif aura lieu devant un jury désigné par le Sous-Secrétaire d'État le 15 octobre.

Le jury déterminera l'ordre de mérite des candidats et en adressera la liste au Sous-Secrétaire d'État, qui statuera sur l'admission.

VI. — Les cours préparatoires comprendront :

1° Les principales parties du calcul différentiel et intégral;

2° La mécanique;

3° La physique;

4° La chimie.

IV.

PROGRAMME DES CONNAISSANCES EXIGÉES POUR L'ENTRÉE A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE TÉLÉGRAPHIE.

1° *Mathématiques, physique, chimie.*

(D'après le programme de la classe de mathématiques spéciales des lycées.)

2° *Calcul différentiel.*

Infiniment petits des divers ordres. — Leur emploi en géométrie.

Dérivées et différentielles des divers ordres.

(*) Les conditions d'âge ne sont pas applicables aux agents actuellement en service. Elles ont été fixées pour l'avenir.

Dérivées et différentielles partielles d'une fonction par rapport à plusieurs variables. — Différentielle totale.

Série de Taylor. — Développement des fonctions simples. — Extension à une fonction de plusieurs variables.

Étude spéciale des fonctions circulaires. — Formules de Moivre. Formules d'Euler.

Maxima et minima des fonctions d'une ou plusieurs variables. — Vraie valeur des fonctions qui se présentent sous une forme indéterminée.

Tangentes aux courbes dans le plan et dans l'espace. — Plans tangents aux surfaces.

Différentielle de l'aire d'une courbe. — Différentielle de l'arc.

Courbure. — Rayon de courbure. Développée. — Plan osculateur des courbes dans l'espace.

Notions sur la courbure des surfaces.

3° *Calcul intégral.*

Procédés divers d'intégration.

Intégration des fonctions rationnelles, des fonctions algébriques contenant un radical carré, des fonctions exponentielles, logarithmiques, circulaires. — Emploi des séries.

Intégrale définie.

Différentiation sous le signe $\int$.

Intégration des fonctions de deux ou plusieurs variables. — Conditions de possibilité.

Formation des équations différentielles. — Équations linéaires à coefficients constants.

Quadrature et rectification des courbes. — Cubature des solides.

Application du calcul intégral à la recherche du centre de gravité et des moments d'inertie des solides.

Notions sur le calcul des différences.

4° *Mécanique.*

Cinématique.

Du mouvement d'un point. — Vitesse. — Courbe des espaces Mouvement uniforme. — Mouvement uniformément varié : lois de la pesanteur. — Mouvement varié.

Mouvement élémentaire d'un corps solide. — Axe instantané de rotation et de glissement. — Cas particuliers.

Composition des mouvements élémentaires.

Mouvement relatif.

Accélération totale. — Accélération dans le mouvement relatif.

Application de la cinématique aux transformations de mouvement.

Poulies. — Moufles. — Treuil. — Vis.

Manivelles. — Bielles. — Excentriques.

Courroies. — Engrenages. — Vis sans fin.

Balanciers et parallélogramme de Watt.

Statique et dynamique.

Principes fondamentaux.

Mouvement d'un point matériel.

Équilibre d'un point.

Équilibre d'un système invariable.

Théorème du travail virtuel.

Théorie des couples.

Équilibre des systèmes pesants.

Équilibre des machines simples.

Dynamique des systèmes. — Théorème de d'Alembert.

Théorème sur le mouvement du centre de gravité. — Théorèmes généraux des quantités de mouvement et des forces vives.

Mouvement d'un solide autour d'un axe fixe.

Travail des forces dans les machines.

Résistances passives.

Frottement.

Choc des corps : cas des sphères.

Actions mutuelles des corps tournants. — Rôle des volants dans les machines.

Hydrodynamique. — Théorème de Bernouili. — Charge. — Perte de charge.

Écoulement d'un liquide par un orifice en mince paroi.

Dépense.

Écoulement permanent et uniforme dans les tuyaux de conduite et les canaux découverts.

5° *Complément de physique.*

Chaleur.

Conductibilité.

Chaleurs spécifiques. — Méthode des mélanges.

Loi de Dulong et Petit.

Changements d'état. — Fusion. — Solidification. — Chaleur latente de fusion. — Vaporisation. — Propriétés des vapeurs. — Densité des vapeurs.

Mesure des tensions maxima de la vapeur d'eau.

Hygrométrie.

Condensation. — Chaleur latente de condensation ou de vaporisation.

Principe des machines à vapeur.

Thermodynamique.

Principe de l'équivalence. — Expériences de MM. Joule et Hirn.

Représentation géométrique des divers états d'un corps.

Cycles fermés. — Courbes isothermiques et adiabatiques.

Cycle de Carnot. — Coefficient économique. — Principe de Carnot.

Application aux gaz parfaits et à la machine à vapeur.

Électricité dynamique.

Piles à un seul et à deux liquides.

Piles thermo-électriques.

Courants. — Galvanomètres. — Voltamètres : lois des décompositions électro-chimiques.

Lois de Ohm ou de Pouillet.

Actions mutuelles des courants. — Lois et formules d'Ampère.

Solénoïdes.

Électro-aimants. — Notions sur les moteurs et la lumière électrique.

Induction. — Machines fondées sur l'induction. — Machines de Clarke, de Follet, de Gramme.

Acoustique.

Mouvement vibratoire caractéristique du son.

Équation de ce mouvement. Amplitude, période, phase. —

Vérifications : par le tracé graphique ; par la composition de mouvements rectangulaires; par la composition de mouvements parallèles; interférence, battements, sons résultants.

Mouvement vibratoire d'un gaz dans un tuyau cylindrique, — Mouvement vibratoire d'une corde tendue. — Amplitude, et intensité. — Période et hauteur. — Mesure des nombres de vibrations dans un temps donné. — Forme de la vibration. — Harmoniques. — Vitesse du son, longueur d'onde. — Mesure de la vitesse du son.

Optique.

Mesure des indices de réfraction. — Dispersion. — Analyse spectrale. — Vitesse de la lumière. — Théorie de l'émission et des ondulations.

Périodicité des vibrations lumineuses.

Anneaux colorés.

Interférences : franges de Fresnel.

Propagation des vibrations.

Diffraction et réseaux.

Milieu vibrant : éther.

Nature du mouvement. — Polarisation par réflexion et réfraction.

Transversalité des vibrations. — Double réfraction.

Construction d'Huyghens. — Polariseurs, analyseurs.

Polarisation rectiligne, circulaire, elliptique.

Polarisation chromatique et rotatoire.

Complément de chimie.

Métaux.

Métaux. Classification. Alliages.

Oxydes, sulfures, azotates en général.

Potassium. Potasse. Carbonate de potasse. Alcalimétrie. Azotate de potasse : poudre. Chlorate de potasse.

Sodium. Soude, carbonate, sulfate, azotate de soude.

Borax. Sel marin.

Sels ammoniacaux.

Baryum. Baryte. Sulfate de baryte.

Calcium. Chaux. Carbonate, sulfate, phosphate de chaux. Chlorure de calcium.

Magnésium. Magnésie.

Aluminium. Alumine. Aluns. Argiles.

Manganèse. Sels de manganèse. Manganates.

Fer. Oxydes de fer. Pyrites. Chlorures et sulfates de fer. Bleu de Prusse. Métallurgie du fer.

Nickel. Maillechort.

Chrome. Sesquioxyde de chrome. Acide chromique. Alun de chrome. Bichromate de potasse.

Zinc. Oxide de zinc. Sulfate de zinc. Chlorure de zinc.

Étain. Acide stanique.

Plomb. Oxyde de plomb. Céruse. Peinture.

Cuivre. Sulfate de cuivre. Bronze. Laiton. Métallurgie du cuivre.

Mercure. Sulfates de mercure.

Argent. Azotate d'argent.

Or. Monnaies d'or et d'argent.

Platine.

Chimie organique.

Analyse organique.

Préparations et propriétés des principaux corps appartenant aux séries suivantes :

Carbures d'hydrogène;
Acides;
Alcools;
Éthers,
Alcalis.

Étude des principales substances organisées d'origine végétale.

Notions sur les fermentations.

6° *Dessin graphique.*

7° *Anglais ou Allemand.*

Les épreuves du concours consisteront en :

Une composition française qui constituera une épreuve éliminatoire;

Une composition écrite sur la physique et la chimie ;

Des examens oraux sur les matières ci-dessus indiquées.

Personnel de l'École supérieure de Télégraphie

pour l'année scolaire 1878-1879.

(Arrêté du 31 juillet 1878.)

Directeur de l'École	M. BLAVIER, Directeur-Ingénieur.
Inspecteur des études et Directeur du laboratoire	M. MERCADIER, Inspecteur-Ingénieur.

Professeur de physique	M. MERCADIER, Inspecteur-Ingénieur.
Professeur d'exploitation et de construction	M. RICHARD, Directeur-Ingénieur.
Professeur de mesures électriques et de télégraphie sous-marine	M. RAYNAUD, Sous-chef de bureau à direction technique.
Professeur de télégraphie pratique (appareils et systèmes de communication usuels et conférences de télégraphie pneumatique)	M. BONTEMPS, Inspecteur-Ingénieur.
Professeur d'allemand	M. LESER, professeur à l'École polytechnique et à l'École des Ponts et Chaussées.
Professeur d'anglais	M. SEVRETTE, professeur au lycée Louis-le-Grand.

Sont en outre chargés de conférences :

Sur la télégraphie militaire	M. MORRIS, Sous-chef de bureau à la Direction technique.
Sur le service postal	M. ANSAULT, Chef de bureau à l'Administration des Postes.

Admission à l'École supérieure de Télégraphie.

Par arrêté de M. le sous-secrétaire d'État des finances, en date du 6 septembre 1878,

MM. Tongas (Gaston),
Sueur (Alphonse Edmond),
et Rambaud (Gustave Émile),

élèves de l'École polytechnique, sont nommés élèves ingénieurs des télégraphes.

A la suite du concours qui a été ouvert conformément au paragraphe 2 de l'arrêté sur l'organisation des cours,

MM. Barbarat (Aimé Eugène),
Trémeaux (Charles Pierre),
Dufeutrelle (Eugène Rodolphe)
et Thévenin (Léon Charles)

ont également été nommés élèves ingénieurs par arrêté du 29 octobre 1878.

Le Gérant : DUNOD. — Imprimerie Arnous de Rivière, 26, rue Racine.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1878 Novembre-Décembre.

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878.

PETIT MOTEUR HYDRAULIQUE

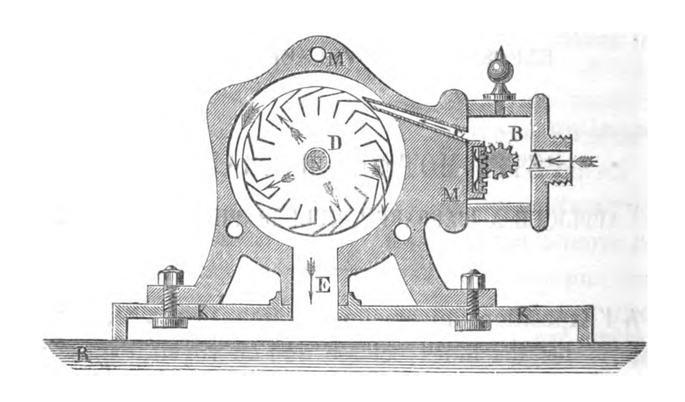
APPLIQUÉ A L'APPAREIL TÉLÉGRAPHIQUE HUGHES.

A l'Exposition universelle (section française, grande galerie des machines, classe 54) on voyait, exposé par M. Dufort, un moteur d'un petit volume marchant à l'eau et faisant fonctionner un Hughes dont les poids et divers organes étaient supprimés.

L'administration des lignes télégraphiques, après avis favorable de sa commission de perfectionnement, avait autorisé cette expérience et mis à la disposition de M. Humblot, un de ses employés, inventeur dudit moteur, non-seulement le Hughes placé à l'exposition de M. Dufort, mais encore un Hughes ordinaire de l'exposition télégraphique, classe 65, et qui était en communication avec l'appareil modifié par M. Humblot.

Pendant la durée de l'Exposition, les expériences faites avec ces deux appareils ont donné d'excellents résultats et démontré que le synchronisme reste parfait même avec des variations très-sensibles de pression.

Ce moteur est représenté en coupe par la figure ci-dessous. C'est une turbine de 0,06 de diamètre sur 0,01 d'épaisseur ayant 20 ailettes coudées à angle droit rivées à deux disques qui sont fixés à l'axe; elle forme ainsi une chambre pour la détente des gaz ou vapeurs, car sans modifications on peut l'utiliser aussi bien à un autre fluide qu'à l'eau sous pression.



La marche s'explique ainsi : un tube qui amène le fluide étant raccordé en A, il suffit de faire manœuvrer le tiroir B de façon à démasquer l'orifice d'introduction C pour qu'un jet aille frapper sur la partie des ailes qui est dans la direction des rayons, les vapeurs ou gaz comprimés entrent en un filet serré, se détendent dans la chambre et sortent en agissant comme l'indiquent les flèches sur la deuxième portion des ailettes formant des plans inclinés sur toute la circonférence. Quand on em-

ploie l'eau, le reste d'impulsion et la force centrifuge remplacent la détente.

Ces deux effets, ainsi que la réaction à la sortie de la turbine concourent, à imprimer le mouvement dans le même sens de sorte que les fluides, avant de s'échapper de la boîte par l'orifice E, ont cédé en plusieurs fois la force qu'ils possédaient.

L'arbre de la turbine traverse la boîte et son couvercle pour qu'on puisse de chaque côté placer une poulie ou un pignon de commande. Il n'y a pas de presse-étoupes à la sortie de cet axe parce qu'aucune fuite ne se produit; tous les frottements se réduisent à ceux qui résultent de la marche libre de l'arbre dans la masse qui forme coussinets.

On règle le mouvement par l'ouverture du tiroir, à l'aide du pignon qui agit sur la crémaillère.

La marche en avant et en arrière s'obtient en plaçant, sur le même axe, deux turbines disposées en sens contraire et ayant chacune un jet distinct. Les deux jets ont des directions inverses. Le tiroir au repos doit fermer les deux orifices qui se trouvent l'un au-dessus, l'autre au-dessous de l'axe du pignon, de manière à démasquer l'un ou l'autre selon la marche désirée.

Le dessin ne représente qu'une simple marche parce que, généralement, une seule direction est demandée, et qu'alors on double la force en plaçant les deux turbines dans le même sens avec deux jets parallèles.

Ce moteur appliqué au Hughes peut être placé dans l'espace laissé libre par la suppression de trois mobiles du mouvement d'horlogerie; une légère chaîne de Vaucanson communique le mouvement de la turbine au volant de l'appareil.

L'employé ouvre le tiroir pour mettre l'appareil en

mouvement ; il arrête par une manœuvre inverse. Il peut donner toute son attention à la transmission et éprouve moins de fatigue, n'ayant plus à s'occuper que du réglage.

La force pouvant être moins ménagée, il n'y a plus à craindre de ralentissement et toutes les combinaisons sont possibles.

Les causes de déraillement attribuées au remontage du poids disparaissent; on gagne ainsi un temps précieux, surtout dans le cas où l'appareil est desservi par un seul employé, lequel est souvent obligé de couper la transmission de son correspondant parce qu'il n'a pas remonté assez à temps ou qu'il s'est produit un choc en fin de course ou par suite d'un mouvement brusque.

Bien que la vapeur ou les gaz sous pression puissent être employés comme sources de force, l'eau est préférable en général parce que souvent on l'a naturellement avec une certaine pression, qu'on peut d'ailleurs l'y obtenir par différents moyens et qu'elle s'y conserve facilement, tandis que la vapeur perd son calorique par rayonnement et que les gaz exigent des appareils compresseurs spéciaux et donnent en somme un rendement moindre.

L'avantage de ce petit moteur est surtout de diviser la force pour donner à chaque appareil, ou outil, une marche indépendante.

Il est peu volumineux, d'une installation des plus simples, ne se dérange jamais et son axe peut prendre la position horizontale, verticale ou oblique sans aucun inconvénient.

A défaut de pression naturelle, on peut en produire une factice; on obtient ainsi à peu de frais dans tous les points d'un local étendu autant de centres de mouvement

qu'on a d'appareils, au moyen de quelques conduites qui distribuent l'eau et la ramènent au compresseur.

Dans les installations pour ateliers, de couture par exemple, une petite pompe à vapeur maintient toujours une même quantité d'eau sous une pression régulière de 4 ou 5 atmosphères. On peut alors employer des tuyaux d'un petit diamètre; les orifices d'introduction d'eau dans les appareils étant réglés pour cette pression de manière à ne produire que la force maximum exigée pour chaque machine quand le tiroir est complétement ouvert.

Près du moteur appliqué au Hughes figurait à l'exposition un deuxième moteur marchant également à l'eau et activant une machine à coudre les gants, qui était remarquée par sa docilité à l'arrêt, à la mise en train et aux variations de vitesse.

Un troisième marchant à la vapeur était à double direction et faisait 20,000 tours à la minute sans souffrir de cette allure exagérée.

Le rendement de cette petite machine n'a pas encore été déterminé d'une manière précise. Il résulte de quelques expériences préliminaires de M. Humblot qu'un appareil Hughes, pour fonctionner régulièrement, entraîne par heure une dépense d'environ 200 litres d'eau à une pression de 20 mètres de hauteur, ce qui donne 4.000 kilogrammètres par heure.

Le poids de l'appareil Hughes ordinaire est de 60 kilogrammes, et sa chute, qui est de $1^{m},10$, s'effectue en moyenne en 2 minutes 1/2; la dépense de travail est donc de $60 \times 1,10 \times 24 = 1.584$ kilogrammètres par heure.

Le travail mécanique dépensé par le moteur Humblo est donc notablement supérieur à celui que doit faire

l'employé chargé de remonter le poids, mais, ainsi qu'il a été dit plus haut, ce moteur supprime toute fatigue corporelle; il pourrait en particulier être utilement appliqué aux appareils qui sont desservis par les femmes.

Quant aux frais d'entretien, si l'on se sert de l'eau ordinaire distribuée dans les villes, ils dépendent du prix auquel elle est livrée et de sa pression.

A Paris, l'eau de Seine élevée par des machines spéciales a une pression qui varie de 30 à 40 mètres au rez-de-chaussée de la rue de Grenelle-Saint-Germain. La dépense d'eau pour faire marcher un appareil Hughes serait donc par heure de 0,1 mètre cube. Un travail continu de 12 heures entraînerait une consommation de $1^{m.c.}$,2 par jour.

Le prix de l'eau de Seine à Paris est de 120 francs par an pour un mètre cube par jour, mais l'Administration des lignes télégraphiques le paye seulement 50 francs: la marche d'un appareil Hughes pendant 12 heures entraînerait donc une dépense d'environ 60 francs par an.

Si le moteur de M. Humblot devait desservir un assez grand nombre d'appareils, il serait plus économique d'élever l'eau au moyen d'une petite machine spéciale, à gaz ou à vapeur.

SCRUTATEUR ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE IMPRIMEUR

DE M. RONCALLI.

(Classe 65.)

On a déjà décrit dans les *Annales télegraphiques* (t. V, p. 55) deux enregistreurs électriques des votes à l'usage des assemblées délibérantes, imaginés, l'un par MM. Clérac et Guichenot, l'autre par M. Jacquin. Un nouvel appareil destiné à remplir le même but figurait à l'exposition universelle de 1878. Cet appareil, dû à M. Roncalli, et dont nous allons reproduire la description, a l'avantage de faire non-seulement connaître les résultats numériques d'un scrutin, mais encore de pouvoir donner les noms des votants et la nature du vote de chacun d'eux.

L'appareil se compose de quatre parties : les touches, les communications, le récepteur, la pile.

Les touches, dont une se trouve devant chaque député, sont de simples flèches fixées à une de leurs extrémités, et qu'on peut diriger à volonté soit à droite, jusqu'à toucher un petit bouton qui porte le mot *oui*, soit à gauche, jusqu'à un autre bouton où est écrit *non;* au moment où le Président indique la question sur laquelle on doit voter, chaque Député met la flèche en contact avec le bouton qui exprime son opinion.

Un des pôles de la pile est en communication avec les centres de rotation de toutes les touches au moyen d'un

fil métallique, qui passe successivement de l'un à l'autre jusqu'au dernier. Comme chaque voix est enregistrée séparément, cette disposition ne peut apporter aucune erreur et réalise au contraire une simplicité très-remarquable. Un fil métallique spécial et isolé part de chaque bouton et va se rendre au récepteur.

Le récepteur se compose de deux parties, le plan de la table et le chariot compteur.

Le plan de la table porte deux rails métalliques parallèles et en communication constante avec l'autre pôle de la pile (le premier pôle étant en communication constante avec les centres de rotation des touches).

Entre les deux rails, deux rangées de fils métalliques viennent affleurer la surface du plan; ce sont les bouts des fils conducteurs qui partent des boutons de voix placés devant chaque Député. Tous les fils qui partent des boutons des *oui* aboutissent à la ligne de droite; tous ceux des *non* à la ligne de gauche.

Une crémaillère ou une vis sans fin servant à mettre en mouvement le chariot, complète la disposition de la table du récepteur.

Le chariot est essentiellement constitué par deux électro-aimants, deux compteurs à cadran et deux poinçons imprimeurs, formant deux systèmes séparés et indépendants; celui des voix affirmatives, celui des voix négatives.

Au-dessous du chariot se trouvent quatre ressorts, dont deux frottent continuellement sur les rails métalliques et servent à maintenir la communication avec un des bouts du fil des électro-aimants; les deux autres ressorts glissent sur les deux rangées des fils conducteurs et servent à établir la communication entre ces fils et l'autre bout du fil de l'électro-aimant correspondant.

Si l'on suppose maintenant que tous les Députés aient dirigé la flèche de leur touche pour un vote quelconque, et qu'on fasse partir le chariot; aussitôt que le ressort arrivera en contact avec le bout d'un fil par où arrive le courant dirigé par la touche du votant, le circuit sera évidemment fermé; le courant de la pile arrivant au centre de rotation de la touche la traversera, passera dans le bouton, dans le fil conducteur correspondant qui le conduira au ressort du chariot; il parcourra le fil de la bobine, en sortira par le ressort en contact avec le rail et, par là, il reviendra à la pile. En passant par le fil de la bobine, le courant aimantera le fer doux correspondant; l'ancre sera attirée, elle descendra et, dans ce mouvement, elle fera passer une dent du compteur; on conçoit donc que lorsque le chariot aura accompli sa course, on trouvera marqué sur l'un des cadrans le nombre de voix affirmatives, sur l'autre celui des voix négatives, et la somme des deux donnera le nombre des votants.

Mais souvent il ne suffit pas d'avoir le nombre des voix affirmatives ou négatives; on veut connaître le nom des Députés avec leur vote ; pour cela, il suffit de placer entre les deux rails un papier qui porte imprimés, à distance convenable, les noms de tous ceux qui composent l'Assemblée.

Chaque fois qu'une des ancres s'abaisse en vertu de l'attraction de l'électro-aimant correspondant, elle pousse en bas un poinçon qui va percer le papier vis-à-vis du nom du votant; si le trou est à gauche, c'est un vote affirmatif; s'il est à droite, c'est un vote négatif.

De cette manière l'appareil remplit le triple but de recueillir les voix des votes secrets, de donner les listes des votants et des absents dans les scrutins nominatifs,

de donner le nombre et même le nom des membres présents lorsqu'il s'agit d'un simple appel, etc., tout cela dans un délai de temps très-petit, en comparaison de celui qui est absorbé par les systèmes actuels et avec une précision bien supérieure.

Quant à la pile, la forme la plus convenable dépend de la longueur du circuit, du diamètre des conducteurs, de la construction des électro-aimants; mais on peut dire sans crainte qu'une bonne pile de sonnerie doit suffire parfaitement.

Presque en même temps que cet appareil, un autre scrutateur électrique a été inventé par M. Michelange Siciliano de Palerme. Cette machine, très-ingénieuse, donne les votes par appel nominal mais ne peut pas servir aux scrutins secrets, ce qui rend son emploi très-borné; d'autre part, son mécanisme est bien compliqué et son emploi exige et suppose la coïncidence exacte de deux mouvements indépendants entre eux.

DES GRANDEURS ÉLECTRIQUES
ET DE LEUR MESURE EN UNITÉS ABSOLUES.

PHÉNOMÈNES ET UNITÉS MAGNÉTIQUES.
(Suite.)

Magnétisme des aimants permanents.

176. *Mesure du moment magnétique des aimants.* — La méthode de Gauss pour la détermination de la composante horizontale du magnétisme terrestre h_1, (n° 174), fait connaître la grandeur du moment magnétique, $2\lambda\mu$, de l'aimant employé. On a vu, en effet, qu'on a $2\lambda\mu = \sqrt{\alpha\beta}$, α et β étant les valeurs de $\frac{2\lambda\mu}{h_1}$ et de $2\lambda\mu \times h_1$.

Les nombres trouvés par Gauss étant $\alpha = 56606437$ et $\beta = 179770600$, on en déduit pour le moment magnétique de l'aimant dont il s'est servi :

$$2\lambda\mu = 100\,900\,000.$$

Les unités de longueur et de masse adoptées par Gauss étaient, ainsi qu'il a été dit, la seconde, le millimètre et la masse du milligramme; si l'on adopte, comme nous l'avons fait jusqu'ici en général, le mètre et la masse du gramme, le nombre précédent doit être divisé par $1000^{\frac{5}{2}} \times 1000^{\frac{1}{2}}$ (*) ou par 10^9, ce qui conduit à 0,1009.

(*) Les unités de moment magnétique, O, sont (n° 168) :

$$O = \frac{L^{\frac{5}{2}} M^{\frac{1}{2}}}{T}.$$

Lorsqu'on connaît d'avance la valeur exacte du magnétisme terrestre, une seule expérience suffit pour déterminer le moment magnétique d'une aiguille aimantée. En la suspendant et la faisant osciller horizontalement on a en effet (n° 173), si t est la durée d'une oscillation simple en secondes, Σmr^2 le moment d'inertie de l'aiguille par rapport à l'axe autour duquel elle se meut, $2\lambda\mu \times h_1 = \frac{\pi^2 \Sigma mr^2}{t^2}$, ou :

$$2\lambda\mu = \frac{\pi^2 \Sigma mr^2}{h_1 t^2}.$$

On peut enfin se dispenser de calculer le moment d'inertie de l'aimant en suspendant de part et d'autre, à des distances égales du point de suspension deux poids égaux et en calculant la durée des oscillations qui correspondent à deux distances différentes.

177. *Intensité de magnétisation.* — L'intensité de magnétisation d'un aimant est le rapport de son moment magnétique à son volume. Elle est la même pour des aimants droits de même section et de longueurs différentes dont les pôles sont égaux.

Les dimensions de l'intensité de magnétisation s'obtiennent en divisant celles du moment magnétique $0 = \frac{L^{\frac{5}{2}} M^{\frac{1}{2}}}{T}$ par celles de l'unité de volume, L^3, ce qui donne :

$$\frac{M^{\frac{1}{2}}}{L^{\frac{1}{2}} T}.$$

Quant à la quantité de magnétisme libre à chaque pôle, si l'aimant est rectiligne et régulièrement aimanté on peut l'obtenir approximativement en divisant le moment magnétique par la distance des pôles qui, pour les

aimants ordinaires dont la longueur dépasse 20 centimètres, sont situés à peu près à 4 millimètres des extrémités. En divisant la quantité de magnétisme libre à chaque pôle par la section, on a l'intensité de magnétisation.

Pour les gros aimants et en particulier pour les aimants en fer à cheval on définit ordinairement leur force magnétique par le poids que leur armature peut porter. On les forme généralement en juxtaposant un certain nombre de barreaux fortement aimantés. L'aimant construit par le docteur Knight, que possède la Société royale de Londres, qui est le plus puissant des aimants permanents, peut supporter un poids de 50 kilogrammes.

On sait d'ailleurs que les propriétés magnétiques des aimants se perdent assez rapidement lorsqu'ils ne sont pas munis d'armatures, et que leur force coercitive diminue peu à peu lorsque la température s'élève et devient nulle à une certaine limite, qu'on nomme *limite magnétique*, qui est pour le nickel d'environ 350°, pour le fer la température de rouge-cerise.

Corps magnétiques.

178. — Certains corps tels que le fer doux, le nickel, le cobalt, l'oxygène, etc., jouissent des propriétés magnétiques lorsqu'ils sont situés dans un champ magnétique et les perdent à peu près complétement aussitôt qu'ils en sont éloignés. C'est à cette propriété qu'est due l'action qu'exercent les aimants permanents sur ces corps, qu'on nomme corps magnétiques.

Coulomb et après lui Poisson, considéraient l'aimantation du fer doux comme due à la séparation de deux

fluides dans chaque particule. L'hypothèse de Wéber, qui consiste à regarder chaque molécule des corps magnétiques comme ayant deux pôles, et l'aimantation comme résultant de l'orientation dans une même direction d'un certain nombre de ces molécules, paraît plus naturelle, et s'accorde avec celle d'Ampère sur la cause originelle du magnétisme.

Les fluides magnétiques étant soumis aux mêmes lois que les fluides électriques, c'est-à-dire se repoussant ou s'attirant, suivant qu'ils sont de même nom ou de nom contraire, proportionnellement à leur masse et en raison inverse du carré de la distance, les mêmes calculs peuvent leur être appliqués et doivent conduire à des résultats identiques, les corps magnétiques dépourvus de force coercitive remplissant le rôle que jouent les conducteurs dans la théorie de l'électricité. La seule différence consiste en ce que les fluides magnétiques contraires de deux corps amenés en contact ne disparaissent pas comme les fluides électriques, mais produisent seulement des effets opposés qui s'annulent. L'effet est analogue à ce qui se passerait si, dans l'étude des phénomènes électriques, on séparait par une lame isolante deux corps conducteurs dont les fluides contraires s'attirent, ou, d'une façon générale, si les molécules des corps électrisés étaient toutes isolées les unes des autres.

Les fluides contraires des molécules contiguës agissent en sens opposé et, comme il a été dit à propos des aimants permanents, on n'a à s'occuper que du fluide libre, c'est-à-dire de l'excès en chaque point de l'intensité du pôle d'une molécule sur celle du pôle contraire de la molécule suivante.

Le magnétisme, de même que l'électricité, réside donc entièrement à la surface extérieure des corps dépourvus

de force coercitive, et par suite l'action d'un corps magnétique sur une aiguille aimantée doit être la même, que ce corps soit plein ou qu'il soit creux. C'est en effet ce qu'a constaté Barlow à l'aide de sphères pleines et creuses; il a reconnu toutefois qu'une sphère creuse doit avoir une épaisseur d'au moins 1/10 de millimètre pour agir comme une sphère pleine.

Il convient d'ailleurs d'observer que les corps magnétiques ne sont jamais complétement dépourvus de force coercitive, et conservent toujours, après l'aimantation, quelques traces de magnétisme. De même, les aimants n'ont pas une force coercitive absolue, et, lorsqu'ils sont placés dans un champ magnétique, leur aimantation augmente ou diminue un peu suivant que l'action du champ produit un magnétisme de même sens ou de sens contraire à celui qu'ils possèdent.

179. *Magnétisme que peut prendre le fer doux.* — Le moment magnétique d'une longue tige placée dans un champ magnétique uniforme est proportionnel à sa longueur l, à sa section s, et dépend de l'intensité H, du champ. Il est proportionnel à cette intensité jusqu'à une certaine limite, et peut être représenté par $kHsl$, k étant un coefficient numérique qui dépend de la nature du corps magnétique (*).

Plucker a déduit d'expériences faites par Barlow les valeurs suivantes du coefficient k, qui ne sont qu'approximatives :

Pour le fer doux travaillé.	32.8
— le fer fondu	23
— l'acier mou.	21.5
— l'acier dur	17.4
— le nickel	15.3

(*) Hsl représente un moment magnétique, ainsi qu'on peut facilement

Ainsi, un barreau de fer doux placé horizontalement suivant la direction de l'aiguille de déclinaison prend, sous l'action du magnétisme terrestre, dont l'intensité à Paris est d'environ 1,9, un moment magnétique égal à $32,8 \times 1,9\, sl = 60,8\, sl$, les unités fondamentales étant le mètre et la masse du gramme.

Si le barreau a un centimètre carré de section, le moment est $0,00608\, l$, et le magnétisme développé aux deux extrémités est 0,00608. Chacun de ses pôles attirerait un pôle semblable situé à une distance d'un millimètre avec une force égale à

$$\frac{(0,00608)^2}{(0,001)^2},$$

soit environ 36 unités absolues de force, ou 3,6 grammes, l'unité absolue étant égale à environ $0^{gr},1$ (n° 26).

Le même barreau placé parallèlement à l'aiguille d'inclinaison, prendrait un pôle magnétique égal à $32,8 \times 4,65 \times 0,0001 = 0,015$, et attirerait un pôle semblable distant d'un millimètre avec une force égale à $\frac{(0,015)^2}{(0,001)^2} = 225$ unités absolues de force, ou environ $22^{gr},5$.

180. — Le coefficient k est constant seulement pour de faibles intensités du champ magnétique; il diminue lorsque l'intensité s'accroît et que l'on approche d'une certaine limite, qu'on nomme *limite de magnétisation*, qui n'est pas la même pour tous les corps magnétiques, et à partir de laquelle le produit kH reste constant.

La valeur maximum de kH pour le fer peut se déduire

s'en assurer en substituant à la place de H, de s et de l leurs dimensions. k est donc un coefficient numérique indépendant des unités fondamentales.

d'une expérience de Joule qui a trouvé pour l'attraction maximum qu'un électro-aimant, aimanté par un courant électrique, peut exercer sur son armature le chiffre de 14061 grammes par centimètre carré.

On peut en effet appliquer à l'attraction qui s'exerce entre la surface d'un aimant et son armature le calcul donné au n° 70 à propos de l'électromètre absolu de M. Thomson.

La force f avec laquelle la surface plane d'un électro-aimant agit sur la surface A d'une armature épaisse est, en représentant par γ le magnétisme répandu sur l'unité de surface, ou l'intensité de magnétisation :

$$f = 2\pi A\gamma^2.$$

Supposons dans cette équation A égal à 1 centimètre carré et posons $f = 14061$ grammes $= 14061 \times 9,8$ ou 137890 unités absolues de force, on aura :

$$137\,890 = 2\pi \times 0,0001\gamma^2$$

ou

$$\gamma = \sqrt{\frac{137\,890}{2\pi \times 0,0001}} = 14\,900.$$

Ce chiffre représente la valeur maximum du produit kH pour le fer doux.

Si la valeur du coefficient k était constante, l'intensité du champ magnétique qui produirait le maximum d'aimantation du fer doux serait donnée par l'équation :

$$32,8\mathrm{H} = 14\,900$$

ou

$$\mathrm{H} = \frac{14\,900}{32,8} = 450.$$

Mais il résulte d'expériences faites par Muller que k

doit seulement être considéré comme constant pour le fer lorsque l'intensité de magnétisation ne dépasse pas le quart de sa valeur maximum, soit $\frac{14900}{4}$, ou 3725. L'intensité du champ qui produit cette aimantation est $\frac{3725}{32,8}$ ou environ 112. Au delà de cette limite la valeur du coefficient k diminue peu à peu et devient à peine un tiers de la valeur ci-dessus, 32,8, lorsqu'on approche du point de saturation. Pour produire le maximum d'aimantation, il faudrait, selon Muller, un champ magnétique ayant une intensité égale à 1350, c'est-à-dire égale à environ 300 fois celle du magnétisme terrestre, dont la valeur est environ 4,65.

Si les faces latérales d'un corps magnétique ne sont pas parallèles aux lignes de force du champ dans lequel il se trouve, le magnétisme libre ne s'accumule pas seulement aux extrémités, mais il se répand sur tout ou partie de la surface; c'est ce qui a lieu par exemple pour un corps magnétique de forme irrégulière situé dans un champ uniforme, ou encore pour un corps magnétique placé dans un champ dû à un ou plusieurs pôles dont les lignes de force ne sont pas parallèles.

181. *Diamagnétisme.* — Certaines substances, nommées diamagnétiques, sont repoussées par les pôles des aimants, tels sont le bismuth, le mercure, le zinc, l'eau, etc. Placées dans un champ magnétique, des aiguilles formées de ces substances tendent à se placer normalement aux lignes de force.

On peut considérer le coefficient de magnétisation, k, qui s'applique à ces corps, comme négatif; sa valeur qui a été déterminée pour un certain nombre d'entre eux est d'ailleurs infiniment moindre que celle du coefficient

qui correspond à la plupart des substances magnétiques, il est :

Pour l'eau.	$-\ 10.65 \times 10^{-6}$
Pour le mercure.	$-\ 33.5 \times 10^{-6}$
Pour le bismuth.	$-\ 250 \times 10^{-6}$

Le moment de rotation qui tend à faire tourner une aiguille de bismuth de longueur l et de section s, placée suivant la direction des forces magnétiques d'un champ H, est donc : -250×10^{-6} Hsl.

IX.

ÉLECTRO-MAGNÉTISME.

Unité électro-magnétique d'intensité du courant.

182. *Action d'un courant sur un pôle magnétique.* — Un courant électrique agit sur les pôles d'un aimant placé dans son voisinage et par conséquent développe un champ magnétique. La loi élémentaire de cette action est la suivante : un élément de courant de longueur ds et d'intensité i produit sur un pôle magnétique d'intensité μ, situé à une distance r, une force normale au plan qui passe par le pôle magnétique et l'élément du courant, et dont la valeur est

$$f = \frac{K\mu i ds \sin\alpha}{r^2}. \qquad (2)$$

α étant l'angle qui forme l'élément de courant avec la ligne qui joint son centre au pôle magnétique μ, et K une constante.

Pour avoir la direction de la force on se suppose placé dans le courant de façon que le fluide positif marche des pieds à la tête, les yeux étant fixés sur le pôle magné-

tique : si ce pôle est un pôle nord ou austral, c'est-à-dire si μ est positif, la force qui agit sur lui tend à le faire marcher de droite à gauche; la force a une direction contraire si le pôle magnétique est sud ou boréal. L'action du pôle magnétique sur l'élément de courant est la même, mais la force qui en résulte a naturellement une direction contraire.

La formule précédente n'est directement applicable que si la longueur de l'élément de courant *ds* est très-petite par rapport à la distance qui le sépare du pôle magnétique. Pour obtenir l'action d'un courant quelconque, il faut le décomposer en éléments et chercher la résultante des forces développées par chacun d'eux.

Si le courant agit sur un aimant qui a plusieurs pôles, l'action résultante se déduit des forces qui agissent sur chacun des pôles de l'aimant.

Quant à l'action exercée par un pôle magnétique ou un aimant sur un courant, on l'obtient de même en calculant la résultante des diverses forces auxquelles sont soumis tous les éléments du courant.

Si l'unité d'intensité de courant et l'unité de pôle magnétique ont été préalablement fixées, le coefficient K se trouve déterminé. Pour avoir sa valeur, il suffit d'appliquer la formule à un cas particulier et de comparer l'action trouvée par le calcul, qui contient le coefficient K, à celle que donne l'expérience.

On peut aussi faire dans la formule $K = 1$; l'action de l'élément de courant *ids* sur le pôle magnétique μ devient alors

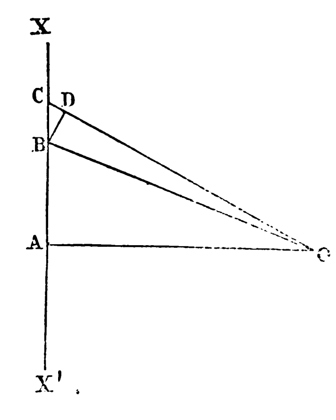
$$f = \frac{\mu i ds \sin \alpha}{r^2}. \qquad (3)$$

Si l'unité d'intensité est fixée, on en tire l'unité de pôle magnétique, ou, réciproquement, si l'on adopte une

unité pour le pôle magnétique, on déduit de la formule l'unité d'intensité de courant électrique. C'est cette dernière méthode qui a été adoptée d'abord par Wéber, puis par la commission de l'association britannique chargée de fixer l'étalon de résistance. L'unité de pôle magnétique adoptée est celle de Gauss ; c'est le pôle magnétique qui repousse un pôle d'égale intensité situé à l'unité de distance avec l'unité absolue de force (nº 164). Les unités électriques qu'on en déduit se nomment unités électro-magnétiques.

L'unité d'intensité ne peut être directement donnée par la formule (2), qui ne s'applique qu'à une longueur ds infiniment petite ; pour la déterminer il faut calculer l'action d'un courant de longueur finie et de forme connue sur un aimant ; on peut y arriver de plusieurs manières qui conduisent à autant de définitions différentes de l'unité d'intensité.

Fig. 49.



183. — ***Définitions de l'unité électro-magnétique d'intensité.*** — Si l'on calcule la force à laquelle est soumis un pôle magnétique μ, situé en O (*fig.* 49), sous l'action d'un courant rectiligne XX' indéfini, ou du moins assez long pour pouvoir être considéré comme tel, d'intensité i et situé à une distance $OA = a$, on trouve facilement (*)

$$f = \frac{2i\mu}{r}.$$

(*) L'action df de l'élément de courant $BC = ds$ sur le pôle magné-

Quant à la direction de la force, elle dépend du sens du courant.

En faisant $f = 2$, $\mu = 1$ et $r = 1$ on a $i = 1$.

L'unité électro-magnétique d'intensité est donc « celle d'un courant rectiligne indéfini qui, en agissant sur l'unité de pôle magnétique situé à l'unité de distance, développerait une force égale à deux unités absolues de force ».

Supposons que le point O soit le centre d'un petit aimant, dirigé suivant OA, dont les pôles magnétiques soient $+\mu$ et $-\mu$, la longueur 2λ, et par conséquent le moment magnétique $2\mu\lambda$. Le courant XX′ produira sur l'un des pôles une force égale à $\frac{2i\mu}{r-\lambda}$, et sur l'autre une force de direction contraire égale à $\frac{2i\mu}{r+\lambda}$. Ces deux forces donneront lieu à un couple dont le moment de

tique μ situé en O, à une distance $OA = r$ de la ligne XX′, est, d'après la loi d'Ampère, $df = \frac{\mu i\, ds}{OB^2} \sin OBX$.

Menons la ligne BD, normale à OB, et représentons par θ l'angle $BOA = DBX$; l'angle BOC est égal à $d\theta$ et l'on a les relations suivantes :

$$\sin OBX = \cos BOA = \cos\theta.$$

$$OB = \frac{r}{\cos\theta}$$

et $$ds = BC = \frac{BD}{\cos\theta} = \frac{OB \cdot d\theta}{\cos\theta} = \frac{r d\theta}{\cos^2\theta},$$

donc $$df = \frac{\mu i \cos\theta\, d\theta}{r};$$

l'intégrale générale est :

$$f = \frac{\mu i \sin\theta}{r},$$

en prenant cette intégrale de $\theta = -90°$ et $\theta = +90°$, on a :

$$f = \frac{2\mu i}{r},$$

rotation sera :

$$2i\mu\lambda\left(\frac{1}{r-\lambda}+\frac{1}{r+\lambda}\right)=\frac{4i\mu\lambda r}{r^2-\lambda^2},$$

ou, si l'on suppose l'aimant assez éloigné du courant pour qu'on puisse négliger λ^2 devant r^2,

$$\frac{2i(2\mu\lambda)}{r}.$$

Ainsi, un courant rectiligne développe un champ magnétique dont les lignes de force sont des circonférences situées dans des plans normaux à la droite que parcourt le fluide électrique, et qui ont leur centre sur cette ligne. L'intensité du champ, h, a pour valeur en chaque point

$$h=\frac{2i}{r}.$$

Les plans qui passent par le courant sont normaux aux lignes de force, ce sont des surfaces équipotentielles. Le travail développé par l'unité de pôle magnétique, en passant d'un de ces plans à un autre, formant avec le premier un angle α, est $\frac{2i\mu}{r}\times r\alpha$ ou $2i\mu\alpha$. Le travail correspondant à un tour entier décrit par le pôle magnétique autour du courant serait :

$$4\pi i\mu.$$

Il convient d'observer qu'un pôle magnétique qui tourne autour d'un courant rectiligne se retrouve toujours dans la même situation, par rapport au courant, bien qu'un certain travail ait été produit.

Ce travail doit correspondre à une perte d'énergie, de là la nécessité des phénomènes d'induction sur lesquels nous reviendrons plus loin.

184. — En faisant dans la formule (3) $\alpha = 90°$ on a :

$$f = \frac{\mu i ds}{r^2}.$$

Cette formule représente l'action d'un élément de courant ds sur un pôle magnétique μ, situé à une distance r sur une pependiculaire élevée au milieu de l'élément.

Si un courant décrit un arc de cercle de rayon r autour d'un pôle magnétique, chaque élément produit sur ce pôle une force semblable normale au plan du cercle, et la résultante de ces forces, égale à leur somme, est

$$f = \frac{\mu i}{r^2}(ds + ds' + ds'' + \dots)$$

ou

$$f = \frac{\mu i l}{r^2}.$$

en nommant l la longueur de l'arc.

En faisant $f = 1$, $\mu = 1$, $r = l = 1$, on a $i = 1$.

Ce qui fournit une seconde définition, qu'on donne souvent, de l'unité d'intensité : c'est celle d'un courant « qui parcourant un circuit d'une longueur égale à l'unité, recourbé en arc de cercle, et ayant l'unité de longueur pour rayon, produirait l'unité de force sur l'unité de pôle magnétique placé au centre du cercle ».

L'arc de cercle dont la longueur est égale au rayon correspond à un angle de $\frac{360}{2\pi}$ degrés ou de $57° 18' 23''$, soit environ $57° \frac{1}{4}$.

Un courant égal à l'unité, qui parcourrait une circonférence entière de rayon égal à l'unité de longueur, produirait sur l'unité de pôle situé à son centre une force égale à 2π ou à 6,28, et un courant d'intensité i, parcourant une circonférence de rayon r, agirait sur un pôle μ placé à son centre avec une force égale à :

$$\frac{2\pi\mu i}{r}.$$

Le couple qui tendrait à faire tourner un petit aimant, dont le moment serait $2\lambda\mu$, placé au centre de la circonférence et dans son plan serait :

$$\frac{2\pi i(2\lambda\mu)}{r}.$$

Si le fil conducteur du courant formait n tours sur la circonférence, le couple deviendrait :

$$\frac{2\pi n i(2\lambda\mu)}{r}.$$

185. — la formule $f = \frac{\mu i ds \sin \alpha}{r^2}$ représente aussi l'action exercée par le pôle magnétique μ sur l'élément de courant ids situé à une distance r. $\frac{\mu}{r^2}$ est l'intensité du champ magnétique produit par ce pôle au point où se trouve l'élément de courant ds ; si l'on représente cette intensité par H, l'action devient $f = \mathrm{H} i ds \sin \alpha$. Cette équation, qui est évidemment exacte, quelle que soit l'origine du champ, conduit à une nouvelle définition de l'unité d'intensité.

Concevons un champ magnétique uniforme, comme celui de la terre dans un espace limité, d'intensité égale à H, et un courant normal aux lignes de force magnétique, auquel cas $\sin \alpha = 1$; l'action élémentaire devient $\mathrm{H} i ds$, et la force, F, à laquelle est soumis un courant qui traverse un fil rectiligne de longueur l est :

$$\mathrm{F} = \mathrm{H} i l.$$

En faisant $\mathrm{F} = 1$, $\mathrm{H} = 1$ et $l = 1$ on a : $i = 1$.

L'unité d'intensité est donc « celle du courant rectiligne, ayant l'unité de longueur, qui, placé normalement

aux lignes de force dans un champ magnétique uniforme égal à l'unité, serait soumis à l'unité absolue de force. »

Si la direction du courant forme un angle α avec celle des lignes de force, l'action à laquelle il est soumis devient :

$$F = Hil \sin \alpha.$$

$H \sin \alpha$ représente la composante normale au courant de l'intensité du champ magnétique; en la représentant par H_1 on a pour la force à laquelle est soumis le courant $F = H_1 il$.

Ainsi, un courant vertical de longueur l et d'intensité i sera soumis à Paris sous l'action magnétique de la terre, à une force horizontale égale à $1,92\, il$, 1,92 étant la composante horizontale du magnétisme terrestre.

Considérons, au lieu d'un simple courant rectiligne, un courant fermé, situé dans un plan parallèle aux lignes de force, un rectangle par exemple, dont deux côtés, a, sont parrallèles à ces lignes, les autres côtés, b, leur étant normaux. Le champ n'a pas d'action sur les premiers, et sur les seconds développe deux forces de directions contraires égales à Hbi, qui produisent sur le rectangle un couple dont la valeur est $Habi$, ou plus généralement égal à HSi (*), si S est la surface enveloppée par le courant. Ce couple tend à amener le plan du courant normalement aux lignes magnétiques du champ, dans une situation telle que si l'on se suppose placé dans ce plan, les yeux tournés du côté nord où boréal des lignes magnétiques, le courant marche de droite à gauche dans la branche inférieure.

(*) On sait que l'action d'un courant ou d'un aimant sur un courant fermé suffisamment éloigné est indépendante de la forme de ce dernier, lorsque la surface qu'il enveloppe et la position de son centre de gravité ne changent pas.

Lorsque l'axe, autour duquel le courant est mobile, forme un angle ω avec la direction des lignes de force, le moment de rotation est $\mathrm{HS}i \sin \omega$.

Un aimant dont le moment est $2\lambda\mu$ placé dans un champ magnétique d'intensité H, normalement aux lignes de force, est soumis à un couple qui a pour moment $\mathrm{H}(2\lambda\mu)$ (n° 168) ; cette action est égale à celle du champ sur un courant fermé parallèle aux mêmes lignes, si $2\lambda\mu = \mathrm{S}i$, c'est-à-dire si le produit de l'intensité du courant par a surface qu'il enveloppe est égal au moment magnétique de l'aimant.

186. — Un courant fermé d'intensité i et de surface S, situé dans un plan parallèle aux lignes de force d'un champ H, mobile autour d'un axe normal à ces lignes mais parallèle à son propre plan, a encore pour moment de rotation $\mathrm{HS}i$; si un certain nombre de courants fermés sont parallèles et solidaires, le moment de rotation du système sera, en représentant par S, S′, S″ leurs surfaces et par i, i', i'' les intensités des courants qui traversent les conducteurs :

$$\mathrm{H}(\mathrm{S}i + \mathrm{S}'i' + \mathrm{S}''i'').$$

Si les surfaces enveloppées S, S′, S″, sont égales, en nombre n, et si le courant qui parcourt leur périmètre est le même, i, le moment de rotation du système a pour valeur $\mathrm{H}n\mathrm{S}i$, ou $\mathrm{H}n\pi r^2 i$ si les surfaces sont des cercles de rayon r.

L'ensemble de ces cercles constitue un solénoïde, qui placé dans un champ magnétique, d'une manière quelconque d'ailleurs, est soumis à la même action qu'un aimant dont le moment $2\lambda\mu$ serait tel que $2\lambda\mu = n\pi r^2 i$. On sait que c'est cette identité d'effets qui a conduit Ampère à considérer les molécules des corps magnétiques

comme enveloppées de courants électriques, dont l'orientation dans le même sens constitue l'aimantation.

Le moment d'un solénoïde parcouru par un courant d'intensité i et dont la longueur totale du fil conducteur, L, est donnée, dépend du nombre de tours que forme ce conducteur et de la surface enveloppée par les tours. La surface maximum qui correspond à un périmètre donné est le cercle, c'est donc celle qu'il convient d'adopter pour avoir l'effet magnétique maximum. D'un autre côté si n représente le nombre des tours, la surface de chacun d'eux est $\frac{L^2}{4\pi n^2}$ et le moment magnétique du solénoïde a pour valeur :

$$\frac{L^2 i}{4\pi n}.$$

Ce moment diminue lorsque le nombre des tours augmente ; sa plus grande valeur correspond à $n = 1$, c'est-à-dire au cas où le fil est disposé de façon à former un seul tour ; le moment est alors $\frac{L^2 i}{4\pi}$.

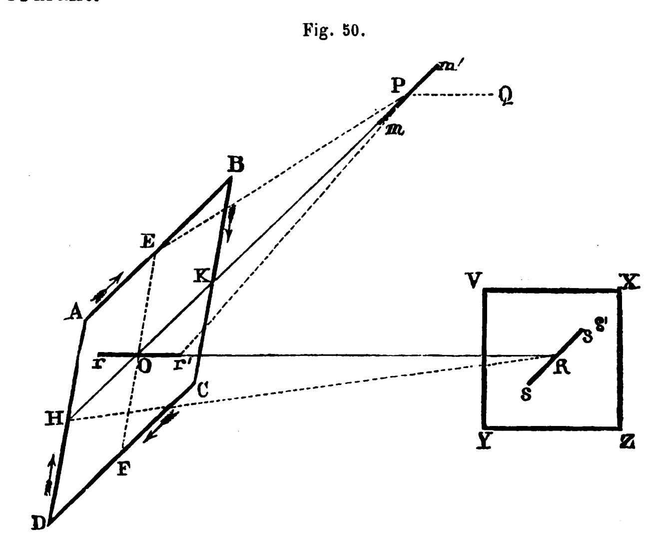
Quant aux pôles d'un solénoïde, c'est-à-dire aux points d'application des forces qu'exerce sur lui un champ magnétique uniforme, ils sont situés aux deux extrémités si les circonférences décrites par le fil conducteur sont égales et également espacées, mais il n'en est plus de même lorsque le rayon et l'espacement des tours de fil sont variables, et l'on peut en construire dont les pôles soient situés en des points quelconques fixés d'avance.

187. — Enfin nous allons chercher, en appliquant encore la formule d'Ampère, $f = \frac{\mu i ds \sin \alpha}{r^2}$, l'action exercée par un courant fermé sur un pôle magnétique éloigné ou un aimant, en nous bornant à examiner deux

cas : 1° celui où le pôle magnétique ou l'aimant sont situés dans le plan du courant, 2° celui où ils se trouvent placés sur une normale au plan du courant passant par son centre. Pour simplifier, nous supposerons encore que le courant enveloppe un carré, ABCD (*fig.* 50) de côté $AB = a$.

Supposons d'abord le pôle magnétique sur lequel agit le courant situé en P à une distance $OP = D$ du centre du courant.

Fig. 50.



Le côté BC produit sur le pôle P une force dirigée suivant la normale PQ au plan BCP égale à $\dfrac{ai\mu}{\left(D - \frac{a}{2}\right)^2}$.

Le côté AD agit suivant une direction contraire avec une force égale à $\dfrac{ai\mu}{\left(D + \frac{a}{2}\right)^2}$.

Les deux côtés AB et DC développent deux forces égales, qui ont la même direction que la force due au

côté AD, et ont chacune pour valeur :

$$\frac{ai\mu \sin \mathrm{OPE}}{\overline{\mathrm{EP}}^2} = \frac{a^2 i\mu}{2\overline{\mathrm{EP}}^3} = \frac{a^2 i\mu}{2\left(\mathrm{D}^2 + \frac{a^2}{4}\right)^{\frac{3}{2}}}.$$

Leur somme est $\dfrac{a^2 i\mu}{\left(\mathrm{D}^2 + \frac{a^2}{4}\right)^{\frac{3}{2}}}$.

L'action totale du courant sur le pôle P a donc pour valeur :

$$ai\mu\left[\frac{1}{\left(\mathrm{D} - \frac{a}{2}\right)^2} - \frac{1}{\left(\mathrm{D} + \frac{a}{2}\right)^2} - \frac{a}{\left(\mathrm{D}^2 + \frac{a^2}{4}\right)^{\frac{3}{2}}}\right]$$

$$= ai\mu\left[\frac{2a\mathrm{D}}{\left(\mathrm{D}^2 - \frac{a^2}{2}\right)^2} - \frac{a}{\left(\mathrm{D}^2 + \frac{a^2}{4}\right)^{\frac{3}{2}}}\right].$$

En négligeant $\frac{a^2}{4}$ devant D^2 on trouve pour la force f à laquelle est soumis le pôle magnétique P :

$$f = \frac{a^2 i\mu}{\mathrm{D}^3},$$

ou plus généralement, si S est la surface enveloppée par le courant :

$$f = \frac{\mathrm{S}i\mu}{\mathrm{D}^3}.$$

Si l'on remplace le pôle magnétique P par un petit aimant mm' situé dans le plan du courant ABCD, ayant pour longueur 2λ et pour pôles magnétiques $+\mu$ et $-\mu$, il sera soumis à un moment de rotation autour de son centre P, dont la valeur C sera :

$$\mathrm{C} = \frac{\mathrm{S}i(2\lambda\mu)}{\mathrm{D}^3}.$$

En faisant $\mathrm{S} = 1$, $2\lambda\mu = 1$, $\mathrm{C} = \frac{1}{\mathrm{D}^3}$, on tire de cette

équation $i = 1$, ce qui conduit à une nouvelle définition de l'unité d'intensité, donnée par Weber : c'est celle « d'un courant fermé qui enveloppant une surface égale à l'unité et agissant sur un petit aimant situé dans son plan à une grande distance développerait sur cet aimant un moment de rotation égal à l'unité divisée par le cube de la distance. »

Supposons le courant fermé ABCD remplacé par un petit aimant rr', normal à son plan, passant par son centre O, et dont le moment magnétique soit $2\lambda'\mu'$; cet aimant produira sur la masse magnétique μ placée en P, une force dirigée suivant la ligne PQ, égale à

$$\frac{2\mu\mu' \sin OPr'}{D^2 + \lambda'^2} = \frac{2\mu\mu'\lambda'}{(D^2 + \lambda'^2)^{\frac{3}{2}}},$$

ou égale à $\frac{(2\mu'\lambda')\,\mu}{D^3}$ si l'on néglige λ'^2 devant D^2.

Le petit aimant rr' produirait sur un aimant mm', ayant son centre à la distance $OP = D$ et un moment égal à $2\mu\lambda$, un couple de rotation dont la valeur serait :

$$\frac{(2\mu'\lambda')(2\mu\lambda)}{D^3}.$$

L'action de l'aimant rr' sur le pôle magnétique P ou sur l'aimant mm' est donc la même que celle du courant ABCD si l'on a :

$$Si = 2\mu'\lambda'.$$

Cette équation peut encore servir à définir l'unité électro-magnétique d'intensité puisqu'en faisant $2\mu'\lambda' = 1$ et $S = 1$, on en déduit $i = 1$.

188. — Supposons le pôle magnétique μ, sur lequel agit le courant ABCD, placé en R, sur une normale élevée au centre du courant. Les quatre côtés du carré ABCD

développent des actions égales, dont les composantes suivant la ligne RO s'ajoutent.

Le côté AD produit une force normale au plan ADR égale à $\frac{ai\mu}{\overline{HR}^2}$, dont la composante, suivant RO, est

$$\frac{ai\mu \sin ORH}{\overline{HR}^2} = \frac{a^2 i\mu}{2\overline{HR}^3} = \frac{a^2 i\mu}{2\left(D^2 + \frac{a^2}{4}\right)^{\frac{3}{2}}},$$

ou $\frac{a^2 i\mu}{2D^3}$, si l'on néglige $\frac{a^2}{4}$ devant D^2.

L'action des quatre côtés du carré, ou du courant fermé, est donc

$$\frac{2a^2 i\mu}{D^3},$$

ou plus généralement si S est la surface enveloppée par le courant

$$\frac{2Si\mu}{D^3}.$$

Le couple de rotation produit par le courant ABCD sur un petit aimant ss', situé dans un plan parallèle, ayant son centre en R et pour moment $2\lambda\mu$, serait :

$$\frac{2Si(2\lambda\mu)}{D^3}.$$

Ce moment est encore le même que celui qui serait dû à l'action d'un petit aimant rr' de moment $2\lambda'\mu'$ normal au courant ABCD, et tel que $Si = 2\lambda'\mu'$.

Ainsi l'action exercée par le courant ABCD sur l'aimant ss', parallèle à son plan, est double de celle qu'il exerce sur le même aimant mm' situé à la même distance mais dans son plan. Nous avons vu la même variation à l'occasion de l'action électro-dynamique des courants (n° **157**) et de celle des aimants (n° **175**).

Si, en conservant à l'aimant mm' une même direction on faisait tourner son centre autour de l'axe EF, on re-

connaîtrait facilement, en calculant le moment produit par le courant ABCD, que ce moment va en augmentant de la position mm' à la position ss' où sa valeur est maximum.

189. *Dimensions de l'unité électro-magnétique d'intensité.* — Les dimensions de l'unité électro-magnétique d'intensité du courant se déduisent de l'une quelconque des définitions précédentes, qui naturellement conduisent au même résultat.

Prenons pour exemple la formule du n° 183

$$f = \frac{\mu i l}{r^2},$$

qui donne la force à laquelle est soumise un pôle magnétique μ placé au centre d'un courant circulaire de longueur l, de rayon r et d'intensité i; on en tire :

$$i = \frac{r^2 f}{\mu l}.$$

Si l'on remplace l et r par l'unité de longueur L, l'intensité du pôle magnétique μ par l'unité de pôle N, et la force f par l'unité de force F, on trouve pour l'unité d'intensité, que nous représentons par I_m,

$$I_m = \frac{LF}{N},$$

ou, en remplaçant F et N par leurs dimensions (n°s 25 et 164), $F = \frac{LM}{T^2}$ et $N = \frac{L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}}}{T}$:

$$I_m = \frac{L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}}{T}.$$

Ces dimensions sont les mêmes que celles de l'unité électro-dynamique d'intensité (n° 159), et par conséquent la grandeur absolue de l'unité électro-magnétique d'intensité ne diffère de celle de l'unité électro-dynamique

que par un coefficient numérique indépendant des unités fondamentales adoptées.

Quant aux autres unités électro-magnétiques, leurs dimensions se déduiseut facilement de la formule précédente, comme on l'a déjà vu pour les unités électro-dynamiques; nous y reviendrons plus tard.

190. — *Rapport entre l'unité électro-dynamique et l'unité électro-magnétique d'intensité.* — On peut aisément trouver le rapport numérique qui existe entre l'unité électro-dynamique et l'unité électro-magnétique d'intensité.

On a vu (n° 157) que si un courant fermé de surface S et d'intensité i agit sur un autre courant de surface S′ et d'intensité i' placé à une grande distance dans un plan normal de façon que son centre se trouve sur une perpendiculaire élevée au centre du premier courant, le second est soumis à un couple qui, dans le système électro-dynamique, est égal à $\frac{SS'ii'}{D^3}$, ou à $\frac{SS'jj'}{D^3}$, en représentant, pour éviter les confusions, les intensités exprimées en unités électro-dynamiques par j et j′.

D'un autre côté, en adoptant les unités électro-magnétiques, le courant ABCD (*fig.* 50) développe sur l'aimant *ss* un moment de rotation égale à $2Si$ $(2\mu\lambda)$, et, ainsi qu'il a été dit au n° 185, un courant formé tel que VXYZ, placé dans un champ magnétique est soumis à la même action que l'aimant *ss′*, normal à son plan, si le produit de la surface qu'il enveloppe, S′, par l'intensité du courant, i, est égale au moment, $2\mu\lambda$, de l'aimant.

Le couple qui agit sur le courant formé VXYZ exprimé en unités électro-magnétiques, est donc :

$$2SS'i'i'',$$

Ainsi suivant qu'on emploie les unités électro-dyna-

miques ou les unités électro-magnétiques, le couple qui agit sur le courant VXYZ est représenté par $SS'jj'$ ou par $2SS'ii'$, ou bien par $SS'j^2$ dans le premier cas et par $2SS'i^2$ dans le second si les courants qui traversent les deux circuits sont égaux.

On doit donc avoir :

$$j^2 = 2i^2 \quad \text{ou} \quad j = i\sqrt{2};$$

j représente le rapport entre l'intensité réelle d'un courant, A, et l'unité électro-dynamique d'intensité, J; i est le rapport entre la même grandeur, A, et l'unité électro-magnétique I. La formule précédente donne donc :

$$\frac{A}{J} = \frac{A}{I} \times \sqrt{2} \quad \text{ou} \quad I = J\sqrt{2}.$$

Ainsi l'unité électro-magnétique absolue est égale à l'unité électro-dynamique multipliée par $\sqrt{2}$.

On pourrait faire disparaître cette différence en prenant pour l'action d'un élément de courant sur un autre, la formule,

$$f = \frac{ii'dsds'}{l^2}(2\cos\varepsilon - 3\cos\theta\cos\theta'),$$

qui est adoptée en Angleterre, au lieu de la formule ordinaire d'Ampère

$$f = \frac{ii'dsds'}{l^2}\left(\cos\varepsilon - \frac{3}{2}\cos\theta\cos\theta'\right).$$

Les unités électro-magnétiques et électro-dynamiques seraient alors identiques.

Mesure électro-magnétique de l'intensité des courants en unités absolues.

191. — *Boussole de tangentes.* — Lorsqu'on connaît la valeur exacte de l'intensité du magnétisme terrestre, on

peut obtenir directement celle d'un courant en unités électro-magnétiques absolues au moyen d'une boussole à cadre circulaire dont l'aiguille aimantée soit très-petite par rapport aux dimensions du cadre.

Le courant développe sur les deux pôles de l'aiguille deux forces égales et de direction contraire, qui sont sensiblement normales au plan du cadre et dont l'expression est :

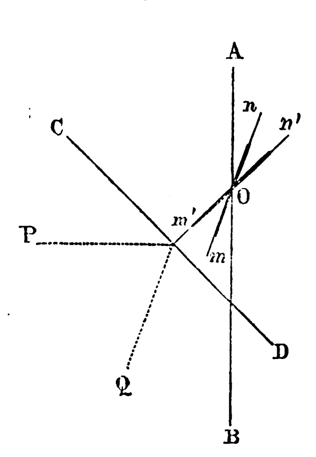
$$\frac{li\mu}{r^2},$$

i étant l'intensité du courant, μ celle du pôle magnétique de l'aiguille, l la longueur du fil enroulé sur le cadre dont le rayon est r.

Sous l'influence de cette action et de celle du magnétisme terrestre, l'aiguille prend une position fixe dont l'angle avec le méridien constitue la déviation.

Soit AB (*fig.* 51) la projection du cadre, mn la position normale de l'aiguille sous l'influence du magnétisme terrestre, et $m'n'$ la position d'équilibre qu'elle prend lorsque le courant traverse le fil enroulé sur le cadre. Chacun des pôles de l'aiguille, m' par exemple, est soumis à deux forces : l'une due à l'action du courant dirigée suivant la normale m'P au plan du courant AB et sensiblement égale à $\frac{li\mu}{r^2}$, l'autre m'Q parallèle à la direction nm du magnétisme terrestre et égale à μH,

Fig. 51.



H étant la composante horizontale du champ magnétique de la terre (que nous avons représenté jusqu'ici par la lettre h').

Pour que ces deux forces se fassent équilibre leurs composantes suivant la normale à l'aiguille CD doivent être égales, ce qui conduit à l'équation :

$$\frac{li\mu}{r^2} \cos Pm'C = H\mu \cos Qm'D,$$

ou, en représentant par θ l'angle fixe mOB et par α la déviation mOm', et remarquant que Pm'C $= m'$OB $= \theta + \alpha$, et que Qm'D $= 90° - \alpha$,

$$\frac{li\mu}{r^2} \cos(\theta + \alpha) = H\mu \sin \alpha,$$

d'où

$$i = \frac{Hr^2}{l} \frac{\sin \alpha}{\cos(\theta + \alpha)}.$$

Si, comme on le fait ordinairement, on dispose le plan AB du conducteur dans la direction du méridien magnétique, $\theta = 0$ et l'on a :

$$i = \frac{Hr^2}{l} \operatorname{tang} \alpha.$$

Cette formule est indépendante du magnétisme μ de l'aiguille, mais elle contient l'intensité H du magnétisme terrestre. En admettant le chiffre 1,920 trouvé par MM. Cornu et Baille en 1870 pour l'intensité horizontale (n° 174), la formule donne :

$$i = \frac{1{,}920\, r^2}{l} \operatorname{tang} \theta.$$

Lorque le fil enroulé sur le cadre forme un tour complet, on a $l = 2\pi r$ et par suite

$$i = \frac{Hr}{2\pi} \operatorname{tang} \theta = \frac{Hr}{6{,}283} \operatorname{tang} \theta$$

exactes que l'aiguille est plus petite par rapport au rayon du cadre circulaire. Pour une aiguille dont la longueur magnétique est le cinquième du diamètre du cadre, la valeur de l'intensité est donnée à 1/300 près, en admettant que l'aiguille n'oppose aucune résistance au mouvement provenant de son mode de suspension; l'approximation est de 1/600 si l'aiguille n'a pour longueur que le sixième du diamètre du cadre.

193. *Boussole de sinus.* — Le cadre qui entoure l'aiguille de la boussole de sinus est mobile. Lorsque le courant traverse le fil conducteur et fait dévier l'aiguille, on tourne le cadre en la suivant jusqu'à ce qu'elle s'arrête dans son plan.

Si le cadre est circulaire et l'aiguille très-petite, chaque pôle est soumis à une force normale à l'aiguille qui, en conservant les mêmes notations que précédemment, est égale à $\frac{li\mu}{r^2}$. L'action du magnétisme terrestre est, si α est la déviation, c'est-à-dire l'angle dont on a tourné le cadre, $H\mu \sin\alpha$. On a donc l'équation :

$$\frac{li\mu}{r^2} = H\mu \sin\alpha \quad \text{ou} \quad i = \frac{Hr^2}{l}\sin\alpha.$$

Si le fil forme n tours

$$l = 2n\pi r \quad \text{et} \quad i = \frac{Hr}{2n\pi}\sin\alpha.$$

La plus grande valeur que puisse prendre α est $\alpha = 90°$, qui correspond à $i = \frac{H\mu r}{2\pi}$. Si l'intensité du courant dépasse cette limite, il faut diminuer le nombre n des tours de fil sur le cadre.

Ordinairement la boussole de sinus ne sert qu'à comparer les intensités des courants; le cadre n'a pas alors besoin d'être circulaire, et l'aiguille peut avoir de

grandes dimensions; on a simplement $i = k \sin \alpha$, k étant une constante qui dépend de la forme de l'instrument.

194. *Galvanomètres ordinaires.* — Le cadre des galvanomètres employés dans la pratique n'est pas ordinairement circulaire, aussi ces instruments ne donnent-ils pas la valeur absolue de l'intensité du courant; ils ne peuvent même servir à comparer directement les intensités que lorsque la déviation est très-faible, à moins qu'ils ne soient préalablement gradués; cette graduation peut être réalisée par diverses méthodes.

Les résultats des observations obtenues avec une même boussole ou un même galvanomètre ne sont comparables qu'à la condition que la valeur de la composante horizontale du magnétisme terrestre soit constante. Or, l'intensité du magnétisme de notre globe subit en un même endroit des variations continues et sa valeur aux divers points de terre varie d'une manière notable, puisqu'elle peut passer de 1 à 1,70 et même à 2,5 (n° 172).

Les observations faites en divers lieux ou à des époques différentes ne sont donc rigoureusement comparables que si la grandeur absolue du magnétisme terrestre est connue pour chacune des expériences.

On pourrait se mettre à l'abri des variations du magnétisme terrestre en ramenant l'aiguille dans le plan du méridien magnétique, malgré le passage du courant, par la torsion d'un ou de deux fils soutenant l'aimant. La force à laquelle est soumise l'aiguille serait connue par l'angle de torsion; mais, pour en déduire l'intensité du courant, il faudrait mesurer son moment magnétique, qui varie avec la température et dont la détermination est assez délicate.

195. *Électro-dynamomètres.* — On peut se mettre à l'abri des variations du magnétisme de la terre et de celles

de l'aiguille en remplaçant cette dernière par une bobine mobile suspendue, soit par un fil unique, soit mieux encore au moyen d'une suspension bifilaire formée des deux fils métalliques par lesquels entre et sort le courant.

On a vu, n° 158, comment on peut opérer au moyen de deux bobines circulaires situées à une assez grande distance l'une de l'autre, dans des plans normaux, et dont une est fixe tandis que l'autre, préalablement orientée dans la direction du méridien magnétique, est suspendue par deux fils fins et par conséquent est mobile.

L'intensité exprimée en unités électro-dynamiques absolues, que nous représenterons par j, est :

$$j = \sqrt{\frac{\Delta D^3 \operatorname{tang} v}{nn'SS'}},$$

n et n' étant les nombres de tours du fil sur les bobines dont les sections moyennes sont S et S', D la distance des centres, Δ une constante qu'on peut déterminer par l'expérience et qui dépend de la masse de la bobine, de la nature, de la longueur et de l'écartement des deux fils de suspension, enfin v la déviation, ou plutôt la moyenne des déviations obtenues lorsque le courant traverse l'une des bobines dans les deux directions contraires.

On obtient l'intensité en unités électro-magnétiques, en remplaçant (n° 188) j par $i\sqrt{2}$ ce qui donne

$$i = \sqrt{\frac{\Delta D^3 \operatorname{tang} v}{2nn'SS'}}.$$

196 — Dans l'électro-dynamomètre de Weber la bobine mobile est de petite dimension et est suspendue au centre d'une grosse bobine fixe par deux fils métalliques d'environ 0m,50 de longueur. A l'état de repos les axes des bobines sont perpendiculaires l'un à l'autre et celui

de la bobine mobile est placé dans le plan du méridien magnétique.

Si l'on fait passer le même courant dans les deux bobines, la petite dévie et prend une position d'équilibre, sous la triple action du couple électro-magnétique, de la torsion des fils et du magnétisme terrestre. On peut, comme il a déjà été dit, négliger l'action de la terre, qui est toujours très-faible, ou l'annuler en prenant la moyenne de deux déviations obtenues en changeant le sens du courant dans une des bobines.

La valeur du couple électro-magnétique se détermine facilement. On a vu en effet (n° 184) qu'une bobine de rayon R ayant n tours de fils parcourus par un courant d'intensité i, produit sur un petit aimant placé suivant son axe, ayant le même centre et dont le moment magnétique est $2\lambda\mu$ un couple de rotation égal à

$$\frac{2\pi ni(2\lambda\mu)}{R};$$

d'un autre côté, si l'on remplace le petit aimant par une bobine de n' tours de fils de rayon r que traverse le courant i, cette dernière sera soumise à la même action *si*

$$2\lambda\mu = n'\pi r^2 i;$$

on a donc pour le moment de rotation :

$$\frac{2\pi^2 nn'r^2i^2}{R}.$$

Ce couple de rotation correspond au cas où la bobine est maintenue dans sa position normale, ce qu'on peut obtenir facilement en faisant tourner l'axe qui soutient les fils de suspension.

Lorsque la bobine dévie on peut admettre, en raison de ses petites dimensions, que la force, qui agit sur ses

pôles normalement au plan du cadre fixe, ne change pas sensiblement, surtout pour de faibles déviations.

Le couple qui agit sur l'aiguille est donc pour une déviation α :

$$\frac{2\pi^2 nn'r^2i^2 \cos\alpha}{R}.$$

Quant au moment de rotation dû à la torsion des deux fils de suspension, il est, ainsi qu'on l'a vu (nº 158),

$$\Delta \sin\alpha.$$

Dans la situation d'équilibre on a donc :

$$\frac{2\pi^2 nn'r^2i^2 \cos\alpha}{R} = \Delta \sin\alpha$$

d'où

$$i = \sqrt{\frac{\Delta R \operatorname{tang}\alpha}{2\pi^2 nn'r^2}}.$$

On aurait pu déduire directement cette formule de l'équation :

$$i = \sqrt{\frac{\Delta D^3 \operatorname{tang}\alpha}{nn'SS'}}$$

trouvée au nº 158, en remplaçant l'intensité, exprimée en unités électro-dynamiques dans cette équation par $i\sqrt{2}$, S et S' par πR^2 et πr^2 et en remarquant que D représente en réalité la distance d'un point de la circonférence du courant fixe au centre du courant mobile et devient égal au rayon de la première, R, lorsque les circonférences sont concentriques et que la seconde a un très-petit diamètre.

197. — Le terme Δ (*) peut se déterminer expérimen-

(*) Δ a pour valeur, ainsi qu'il a été dit au nº 158, $\frac{ab}{l} \times \frac{P}{g}$. (Voir le *Traité d'électricité* de La Rive, tome III, note B, et le *Cours de physique* de Verdet, tome II.) Le calcul direct de ce terme présenterait des chances d'erreur qu'on évite en le déterminant par l'expérience.

talement par la méthode indiquée au nos 171 et 173 pour la mesure du produit $2\lambda\mu \times h'$ du moment magnétique d'un aimant par la composante du magnétisme terrestre.

Gauss a démontré en effet que le moment de rotation auquel est soumis un corps suspendu par une suspension bifilaire, écarté de sa position d'équilibre, est sensiblement proportionnel au sinus de l'angle de déviation. L'action est analogue à celle de la pesanteur sur le pendule dont les lois sont applicables, Δ représentant ici le produit du poids du pendule par la distance du centre de gravité au point d'oscillation.

On a donc, si l'on fait osciller le système et si t est la durée d'un oscillation simple,

$$t = \pi\sqrt{\frac{\Sigma mr^2}{\Delta}} \quad \text{ou} \quad \Delta = \frac{\pi^2\Sigma mr^2}{t^2}.$$

On évite le calcul du moment d'inertie Σmr^2 en opérant comme il a été dit à l'occasion des aimants, c'est-à-dire en fixant sur une règle attachée à la bobine deux poids égaux, à des distances égales de part et d'autre du centre, en faisant osciller la bobine et en déterminant la durée des oscillations t_1 et t_2 qui correspondent à deux distances différentes a_1 et a_2.

On a ainsi, si q est la masse des deux poids :

$$\Delta = \frac{2\pi^2 q(a_2^2 - a_1^2)}{t_1^2 - t_2^2}.$$

La grandeur de Δ dépend des unités élémentaires adoptées, ses dimensions sont $\frac{ML^2}{T^2}$.

198. ***Mesure électro-magnétique de l'intensité du magnétisme terrestre.*** — L'intensité du magnétisme terrestre, qui se mesure habituellement à l'aide d'aimants par

la méthode indiquée précédemment (nº 174), peut aussi se déterminer au moyen d'un courant électrique.

En faisant traverser à un courant le fil d'une boussole de tangentes, à cadre circulaire, on a, si l'aiguille est de très-petite dimension, en représentant par r le rayon du cadre, pour la valeur absolue de l'intensité i :

$$i = \frac{h_1 r \operatorname{tang} \alpha}{2n\pi},$$

h_1 étant la composante horizontale de magnétisme terrestre, n le nombre de tours du fil sur la boussole et α la déviation.

On en tire :

$$\frac{i}{h_1} = \frac{r \operatorname{tang} \alpha}{2n\pi},$$

qui donne le rapport de l'intensité du courant à la composante h_1.

D'un autre côté si l'on suspend un cadre circulaire entouré d'un fil conducteur dans le plan du méridien magnétique et si l'on fait passer le même courant, d'intensité i, dans le fil, le cadre dévie et prend une position d'équilibre sous l'influence du magnétisme terrestre et de la résistance des fils de suspension, le produit ih_1 se déduit de l'angle de déviation.

Soit en effet m le nombre de tours du fil sur le cadre, et S la surface enveloppée par l'un deux, le moment magnétique de la bobine parcourue par le courant i est mSi; le couple dû à la composante horizontale du magnétisme terrestre est $mSih_1$ lorsque l'axe de la bobine est normale au plan du méridien magnétique et $mSih_1 \times \cos \beta$ lorsqu'il forme un angle β avec le plan méridien.

Le cadre étant suspendu au moyen de deux fils métalliques par lesquels entre et sort le courant, qui consti-

tuent une suspension bifilaire, le couple qui tend à le ramener à la position normale lorsqu'il dévie d'un angle β est égal à $\Delta \sin \beta$, Δ se déterminant comme il vient d'être dit au paragraphe précédent,

On a donc dans la position d'équilibre l'équation

$$mSih_1 \cos \beta = \Delta \sin \beta,$$

qui donne

$$ih_1 = \frac{\Delta}{mS} \operatorname{tang} \beta;$$

Connaissant le rapport $\frac{i}{h_1} = A$ et le produit $ih_1 = B$, on en tire :

$$h_1 = \sqrt{\frac{B}{A}} \quad \text{et} \quad i = \sqrt{AB}.$$

On a ainsi, en même temps que l'intensité horizontale du magnétime terrestre h_1, la valeur absolue de l'intensité i du courant employé.

Cette méthode indiquée par Weber a été appliquée d'abord par M. Kohlrausch, puis en avril 1870 par MM. Cornu et Baille, qui ont déduit de plusieurs expériences la composante horizontale du magnétisme terrestre à Paris et sont arrivés au même chiffre, 1,920, que leur avait donné la méthode de Gauss (*).

Leur boussole de tangente était formée par deux tours de fils enroulés sur une bobine en bois de $0^m,65$ de diamètre, au centre de laquelle était suspendu par un fil de soie un système de petites aiguilles aimantées portant un miroir, sur lequel se réfléchissait l'image d'un point lumineux. Quant au cadre, il se composait de 30 tours de fil fin recouvert, enroulé autour d'une lame métallique cir-

(*) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 20 juin 1870.

culaire de 0m,194 de diamètre. Deux fils de cuivre fins et isolés de 1 mètre de hauteur et écartés de 5 millimètres servaient à la fois à conduire le courant et à suspendre bifilairement le cadre. On déterminait à l'avance le couple de torsion, Δ, en suspendant à une règle horizontale fixée au cadre, symétriquement par rapport à l'axe, deux poids égaux (100 grammes), à quatre distances successives espacées de 30 millimètres et en déterminant les durées d'oscillation.

E. E. Blavier.

INSTALLATION DES PILES

AU POSTE CENTRAL DE PARIS.

Les piles du poste central de Paris ont été, l'année dernière, installées dans les caves de l'hotel de la rue de Grenelle. Dans cette nouvelle installation on a disposé les éléments de manière à pouvoir desservir plusieurs postes avec la même pile.

Jusqu'en 1876, on employait, de préférence, la pile Marié Davy et, comme elle devient rapidement très-résistante, chaque appareil avait une pile spéciale. La table suivante donne le nombre d'éléments en service au poste central, du 1er juillet 1871 au 1er janvier 1877.

DATES.	MARIÉ DAVY.	CALLAUD.	TOTAUX.
1er juillet 1871.	3.205	1 094	4.299
1er janvier 1872..	4.572	1.436	6.008
1er janvier 1873..	6.781	1.882	8.663
1er janvier 1874..	4.624	2.286	6.910
1er janvier 1875..	3.971	2.752	6.723
1er janvier 1876..	3.833	3.905	7.738
1er janvier 1877..	4.130	4.264	8.394

Quand le correspondant d'un poste desservi par une pile Marié Davy se plaignait de mal recevoir, l'intensité fournie par cette pile dans un circuit local, comprenant une grande résistance extérieure, était sensiblement la même que lorsque la pile fonctionnait bien; la force électro-motrice, n'avait pas diminué. Sans résistance extérieure, la déviation de l'aiguille du galvanomètre était, au contraire, beaucoup plus faible qu'auparavant. Le défaut de la pile tenait donc à l'accroissement de résistance.

Les principes qui doivent guider dans une installation

de pile découlent de la formule bien connue d'Ohm. Quand la résistance extérieure est très-grande, l'intensité dépend surtout du nombre d'éléments associés en tension et change peu quand on ajoute des éléments en les associant en surface avec ceux de la série principale.

Trente éléments Callaud, placés en tension, dans le même circuit qu'une bobine de 200 kilomètres, donnent, à la boussole, 29° de déviation; si l'on prend deux séries pareilles parallèles, c'est-à-dire dont on relie ensemble les pôles extrêmes de même nom, de manière à avoir 30 éléments de surface double, on obtient 30°. Avec trois, quatre et cinq séries de 30 éléments réunies parallèlement, la déviation est de 31° seulement.

Au contraire, en supprimant la résistance extérieure et avec une boussole formée d'un seul tour de gros fil, une série de 30 éléments en tension donnant 4°,5; deux séries reliées parallèlement donnent 7°,5; trois séries, 10°,5; quatre, 13° et cinq 15°.

Pour pouvoir faire desservir plusieurs fils par la même pile, il importe donc que la résistance de celle-ci soit relativement faible.

Si l'on forme une pile unique avec cinq séries, en tension, de 30 éléments Callaud ordinaires, reliées parallèlement par leurs pôles de même nom, on pourra facilement desservir à la fois 10 fils ayant chacun 100 kilomètres de résistance.

En prolongeant les séries de ce groupe, on obtiendrait des tensions de 50, 70, 90, 100 éléments. A chacune de ces divisions, on pourra faire puiser un certain nombre de fils; les plus longs aboutissant aux points où les tensions sont le plus élevées.

Les grandes lignes sont moins nombreuses, en général que celles qui desservent les postes peu éloignés. Il ne

sera donc pas nécessaire de conserver d'un bout à l'autre de la batterie le même nombre de séries.

La pile du poste central d'Amsterdam est depuis longtemps installée suivant ce système. D'après M. Culley, cette pile se composerait d'éléments zinc, charbon et acide dilué. Le premier zinc est mis à la terre. Les fils de pile des lignes les plus courtes sont attachés au 20e charbon; les autres au 40e, au 50e, au 80e charbon, et ceux des plus longs circuits, au 100e c'est-à-dire au dernier. Du 100e charbon au 81e, les éléments sont rangés en série simple; du 80e au 51e la pile est formée de trois séries parallèles; du 50e au 41e, de quatre séries parallèles; du 40e au 21e, de cinq séries parallèles; et enfin la première section, comprise entre le zinc extrême et le 20e charbon, se compose de 6 séries parallèles de 20 éléments. Le nombre total des éléments est donc de 370.

La pile locale est composée de 45 éléments semblables disposés en trois séries parallèles de 15.

Avec ce groupement, 40 postes sont, paraît-il, desservis avec succès.

M. Héquet, chef du poste central de Paris, ayant eu l'occasion d'étudier cette installation à Amsterdam, en vérifia à son retour les résultats sur la ligne qui relie cette dernière ville à Paris. Après s'être assuré en même temps, par les expériences locales spécifiées plus haut, que le système se prêtait avantageusement à toutes les exigences du service, il en provoqua l'essai. Sur ses indications je procédai au montage d'une batterie d'éléments Callaud qui donna d'excellents résultats. Pendant un an, cette pile de 330 éléments alimenta 24 postes : ce qui donnait une moyenne de 13,8 éléments par poste.

La composition de cette pile était la suivante : d'abord cinq rangées de 30 éléments, ayant chacune leur pôle négatif en communication avec le câble de terre et dont les pôles positifs étaient reliés ensemble au moyen d'une lame de cuivre. Quatre de ces séries étaient continuées par quatre rangées de 20 éléments reliées également ensemble à leur extrémité positive par une lame de cuivre. Une nouvelle section, de trois rangées de 20 éléments chacune, continuait la seconde et était prolongée elle-même par une dernière série de deux rangées de 20 éléments reliées aussi par une lame métallique.

Les 24 postes alimentés par cette pile étaient répartis comme il suit :

Au 30ᵉ élément	en tension	(1ʳᵉ section),	puisaient	7 postes;
Au 50ᵉ	—	(2ᵉ section),	—	9 postes;
Au 70ᵉ	—	(3ᵉ section),	—	5 postes;
Au 90ᵉ	—	(4ᵉ section).	—	3 postes.

Cette batterie a duré 6 mois sans avoir besoin d'être refaite. Chargée d'abord à raison de 500 grammes de sulfate de cuivre par élément, elle a nécessité un nouveau chargement de 50 grammes par élément après 2 mois de service ; un autre de 160 grammes environ par élément 2 mois après; enfin, 155 grammes le 6ᵉ mois. La pile fonctionna encore 6 mois sans qu'un nouveau chargement fût nécessaire. Pendant l'espace de 12 mois la dépense a donc été de $0^k,865$ grammes par élément ou $285^k,450$ grammes pour la pile de 330 éléments.

La moyenne des éléments pour chaque poste étant : $\frac{330}{24} = 13,8$ environ, la consommation totale *par poste* pendant 12 mois a été de $11^k,935$ grammes.

En 1877, l'administration décida que les piles du poste central seraient placées dans les sous-sols de l'hôtel de la rue de Grenelle. La superficie de ces caves, divisée en

une dizaine de salles, se prêtait difficilement à une installation de ce genre. Il importait que chaque pile n'occupât pas plus d'une cave, et le nombre des postes à desservir forçait à en grouper un certain nombre sur les mêmes batteries.

Pour obtenir des piles fournissant une grande quantité d'électricité, sans employer un trop grand nombre d'éléments, il fallait user de couples à grande surface.

M. Baron, directeur de la région de Paris, proposa de doubler la surface du zinc Callaud ainsi que celle de la plaque de cuivre fixée à la tige de ce zinc et qui constitue le pôle positif de l'élément. A cet effet, je fis confectionner 30 zincs Callaud garnis de leur queue en cuivre : la lame de zinc, roulée en spirale, avait $0^m,07$ de hauteur sur $0^m,47$ de longueur.

En substituant ces 30 zincs à 30 zincs ordinaires dans des éléments grand modèle, en conservant les mêmes liquides, les déviations obtenues avec une grande résistance extérieure étaient identiques pour les deux sortes de zincs; et en effet, la force électromotrice n'avait pas changé. Mais avec une boussole à un ou deux tours de gros fil et sans résistance extérieure, l'effet de la diminution de la résistance intérieure devenait très-marqué; les nouveaux zincs donnaient une déviation bien plus forte que les anciens.

L'expérience suivante, dont l'idée m'a été suggérée par l'agent chargé de la surveillance des piles, M. Moret, est concluante :

Une armature de fer doux est fixée sous l'un des plateaux d'une balance. En chargeant l'autre plateau, on établit un équilibre que le plus léger poids, ajouté à ce second plateau, suffit à détruire.

On place au-dessous de l'armature, ainsi équilibrée, un électro-aimant à *gros fil* (résistance 2 unités seulement par bobine) et l'on fait passer successivement dans le fil de cet électro-aimant, le courant de 30 éléments en tension à zincs ordinaires et celui des 30 éléments de la même pile également en tension, garnis de zincs en spirale.

L'armature est attirée à une distance de *quatre centimètres* avec les 30 zincs en spirale, tandis qu'elle ne bouge même pas avec les 30 zincs ordinaires.

Ce résultat acquis, chaque cave fut alors garnie de tables rectangulaires disposées en fer à cheval, à deux étages convenablement espacés pour permettre facilement l'aménagement du grand modèle des éléments Callaud.

Les piles *en séries parallèles*, au lieu de s'étendre en ligne droite, sont repliées sur elles-mêmes, de manière à suivre le fer à cheval formé par les tables.

375 câbles à un conducteur (*), partant des *rosaces* du poste central, viennent directement s'épanouir par l'une de leurs extrémités aux voûtes des caves, au-dessus des batteries.

Ces fils sont contenus dans un conduit en zinc suspendu à la voûte des couloirs et qui les distribue dans chacune des caves.

Ils sont alors disposés sur de grands plateaux en bois fixés de chaque côté des voûtes, dans le sens de la longueur.

La dernière partie de chaque câble, ainsi tendue sur le plateau, est garnie de 4 serre-fils soudés sur le toron même et espacés d'un bout à l'autre du plateau.

(*) Il faut ajouter à ce nombre 56 fils aboutissant des caves au cours des auxiliaires et 21 fils desservant les appareils du service officiel.

Pour relier un de ces conducteurs à la pile, on fixe l'extrémité d'un fil volant soit à l'élément, soit à la lame de cuivre où il doit puiser et l'autre extrémité à celui des serre-fils de ce conducteur qui est le plus voisin. Cette disposition offre l'avantage de ne pas laisser pendre de fils inutiles au-dessus des piles et permet de reconnaître rapidement les fils en service.

Des étiquettes, convenablement disposées et classant les fils par séries de cinq, servent d'ailleurs à les désigner avec clarté.

De plus, chaque plateau est relié par plusieurs fils de renvoi à une *rosace* unique, formée de 120 boutons, au moyen de laquelle on peut, à volonté, mettre en communication métallique l'un quelconque des 375 fils, soit avec un autre de ces fils, soit avec toute pile placée dans l'une quelconque des caves.

Un gros *câble de terre* (38 brins de fil de cuivre de $1^{mm},6$) parcourt successivement les voûtes de toutes les salles souterraines et, par des branchements en forts torons de 5 fils, fournit des communications nombreuses et sûres avec la terre.

Une *tuyauterie* suit le même parcours et conduit l'eau et le gaz à la voûte de chaque cave où des robinets à raccords distribuent l'une et l'autre.

Six cuves, doublées de plomb, servent à préparer séparément les solutions de sulfate de cuivre et de sulfate de zinc nécessaires pour faire les piles neuves. A cet effet, des cristaux de chacun de ces sels sont placés dans des paniers en plomb, percés de trous, qui sont suspendus à la partie supérieure de ces cuves ; ces cristaux, en fondant, saturent l'eau qui les baigne.

L'expérience m'a amené à employer, pour les éléments entièrement neufs, une solution de sulfate de cuivre

saturée à 23° à l'aréomètre de Baumé et une solution de sulfate de zinc à 8° seulement.

Quand une pile, ainsi constituée, fonctionne, les solutions s'enrichissent, particulièrement celle de sulfate de zinc qui parvient en quelques mois à 25 et même 30 degrés. La pile est alors dans toute sa force; mais il est bon de ne pas laisser dépasser 20° environ au liquide qui baigne le zinc, à cause de l'abondance des sels grimpants qui, en salissant les vases, finissent par établir entre eux une communication humide.

L'un des groupes ainsi disposés en séries parallèles, avec des zincs en spirale, actuellement en service, alimente 38 postes importants dont les lignes forment une longueur totale qui n'atteint pas moins de 15,100 kilomètres.

Ce résultat est obtenu avec 420 éléments, ce qui donne une moyenne de 11,35 éléments par poste et 2,78 par 100 kilomètres.

Lignes desservies par un même groupe d'éléments à spirale, montés en séries parallèles.

NOMBRE D'ÉLÉMENTS en tension.	NOMBRE DE SÉRIES en surface.	LIGNES.	DIAMÈTRE du fil (millimètres).	DISTANCE kilométrique.	RÉSISTANCE approximative de la ligne en fil de 4 millim.	APPAREILS employés.	OBSERVATIONS.
34	6	Evreux.	4	103	108	Morse	
		Vernon-les-Andelys. .	4	80	80	Morse	Relais à Vernon. N'a pu recevoir à moins de 34 éléments.
		Louviers-Elbeuf. . . .	4	127	152	Morse	Un parleur embroché à Louviers.
40	5	Blois.	4	178	178	Morse	

NOMBRE D'ÉLÉMENTS en tension.	NOMBRE DE SÉRIES en surface.	LIGNES.	DIAMÈTRE du fil (millimètres).	DISTANCE kilométrique.	RÉSISTANCE approximative de la ligne en fil de 4 millim.	APPAREILS employés.	OBSERVATIONS.
47	5	Caen.	5	239	155	Hughes	N'a pu recevoir à moins de 45 élém.
		Dieppe.	4	201	201	Hughes	
		Trouville..	4	220	220	Hughes	
		Le Havre.	4	228	228	Hughes	En duplex on emploie une pile spéciale avec le fil 295.
		Vesoul.	4	262	262	Morse	Relais à Chaumont.
55	5	Moulins.	5	342	220	Morse	
		Cherbourg-Granville..	4	239	239	Morse	Relais Froment, à Caen. N'a pu recevoir à moins.
		Lille, 1..	4	250	250	Hughes	
		Bar-le-Duc.	4	254	254	Morse	
		Boulogne-sur-Mer. . .	4	254	254	Hughes	
		Mézières.	4	260	260	Morse	
		Châteauroux..	4	264	264	Morse	
65	4	Londres, 1.	4 et 5	de 428 à 467	de 275 à 300	Hughes	
		Londres, 2.				Hughes	
		Londres, 4.				Hughes	
		Angers.	4	308	308	Hughes	
		Dunkerque..	4	313	313	Morse	
		Dijon..	4	315	315	Hughes	
		Poitiers-Niort. . . .	4	332	332	Morse	
71	3	Mulhouse.	5	491	315	Morse	N'a pu recevoir à moins.
		Clermont-Ferrand. . .	4	436	436	Hughes	
77	3	Bruxelles.	4	344	344	Hughes	
		Anvers..	4	354	354	Hughes	
		Berne.	5	574	368	Hughes	
		Bordeaux, 1.	5	585	375	Hughes	
87	2	Brest..	5	623	400	Hughes	
		Francfort-sur-le-Mein.	5 en France	681	?	Hughes	
		Berlin, 1.	5 en France	681	?	Hughes	Relais à Francfort ou à Coblentz suivant le fil.
		Pau-Bayonne.	5	690	442	Morse	Relais à Bordeaux.
		Cologne.	5 en France	492	?	Hughes	N'a pu recevoir à moins.
95	1	Montpellier.	5	850	545	Hughes	
		Marseille, 2.	5	863	555	Hughes	
102	1	Rome.	5	780	500	Hughes	Relais à Turin. N'a pu recevoir à moins.
		Nice.	5	1068	685	Hughes	

Cette pile a fonctionné pendant 9 mois (*) sans interruption et sans nettoyage. On a fait un second chargement de 105 kilog. de sulfate de cuivre le 27 décembre 1877 ; mais il est à remarquer que le premier chargement était loin d'être dissous entièrement.

Une autre batterie de 80 éléments groupés en 10 séries de 8 éléments chacune, reliées en surface, alimente 54 manipulateurs Morse. Cette pile fait fonctionner, *en local*, 54 récepteurs Morse de 500 unités seulement de résistance, travaillant *simultanément* chaque jour pendant plusieurs heures pour les exercices de manipulation. L'intensité du courant fourni est suffisante pour que chaque élève puisse lire *au son* la transmission reçue par son appareil. Si chaque manipulateur était desservi par une pile distincte, il faudrait 432 éléments au lieu de 80.

En résumé, l'ancienne installation ne comportait pas moins, au 1er janvier 1877, de 8.300 éléments dont 4.130 au sulfate de mercure; soit un matériel monté de :

Marié Davy, grand modèle.

4.130 éléments × 1f,80 = ...	7.434f
Sulfate de mercure à raison de 500 grammes *au moins* par élément :	
4.130 × 0k,500, soit 2.065k × 6f,00 = ...	12.390f

Callaud, grand modèle ordinaire.

4.200 éléments × 1f,49 = ...	6.258f
Sulfate de cuivre à raison de 500 grammes par élément :	
4.200 × 0k,500, soit 2.100k × 0f,67 = ...	1.407f
Valeur du matériel monté au 1er janvier 1877.	27.489f

L'installation actuelle fonctionne avec 5.800 éléments Callaud dont 700 forment des batteries de secours. Environ 3.800 de ces éléments sont garnis de zincs en

(*) Du 3 juillet 1877 au 30 mars 1878.

spirale; quand ce genre de zincs sera le seul employé, on aura :

5.800 éléments nouveaux $\times$ 2f,25 = ...	13.050f
Sulfate de cuivre à raison de 0k,500 par élément :	
5.800 $\times$ 0k,500, soit 2.900k $\times$ 0f,67 = ...	1.943f
Valeur du matériel monté.	14.993f

La consommation annuelle en sulfate, des Marié Davy, était de 250 grammes en moyenne, soit :

4.130 $\times$ 0k,250, soit 1.032k $\times$ 6f,00 = ...	6.195f
Celle des Callaud était de 0k.900gr, soit :	
4.200 $\times$ 0k,900, soit 3.780k $\times$ 0f,67 = ...	2.532f
Ou, en négligeant l'usure des zincs de part et d'autre.	8.727f
Desquels il faut déduire la valeur du mercure liquide retrouvé au fond des vases poreux, dans la proportion de 70gr pour 500gr ou 14 0/0.	867f
Total de la consommation annuelle jusqu'au 1er janvier 1877.	7.860f
La consommation annuelle de 5.800 éléments nouveaux étant :	
5.800 $\times$ 0k,900gr, soit 5.220k $\times$ 0f,67 = ...	3.497f
Différence en moins dans la consommation	4.363f
Différence en moins sur la valeur du matériel fixe, 12.496f, dont l'intérêt à 5 0/0 l'an égale	624f
On réalise donc annuellement une économie de	4.987f

L. Houzeau.

PILE PNEUMATIQUE DE M. BYRNE.

Cette pile est une modification de la pile à bichromate de potasse et acide sulfurique (*). Le pôle négatif est une plaque de zinc amalgamé; mais le pôle positif, au lieu d'être une plaque de charbon, est une plaque métallique complexe, formée d'une plaque de cuivre entourée d'une feuille mince de plomb, laquelle est revêtue, sur l'une de ses faces, d'une feuille de platine, et dont l'autre face est vernie; c'est-à-dire que si l'on considère une section de cette plaque, les métaux se présentent dans l'ordre suivant : plomb, cuivre, plomb, platine. Le plomb protége le cuivre contre la dissolution acide.

Chaque élément renferme deux plaques complexes semblables, ayant chacune leur face platinée en regard d'une des faces de la plaque de zinc qui est placée entre elles. La solution se compose de 340 grammes de bichromate de potasse et d'un demi-litre d'acide sulfurique pour deux litres et demi d'eau. Elle se fait à chaud; on la laisse refroidir et on l'introduit dans l'élément. Une disposition particulière permet d'insuffler de l'air dans le liquide.

Un tube de plomb mince ou de caoutchouc durci descend dans l'élément, au fond duquel il s'enroule horizontalement : il est percé de trous dans sa partie hori-

(*) La pile de M. Grenet notamment, décrite dans les *Annales télégraphiques* (1859), à laquelle l'insufflation d'uu courant d'air donne une énergie extraordinaire, repose sur les mêmes princpes que eelle de M. Byrne.

zontale seulement; de telle sorte qu'un courant d'air, envoyé par une seringue ou une pompe à main dans le tube, agite violemment le liquide en s'échappant à travers les trous.

L'élément est en caoutchouc durci, et les plaques peuvent être soulevées et maintenues hors du liquide quand on ne se sert pas de la pile. La circulation de l'air donne une intensité extraordinaire au courant qui parcourt le circuit, et produit dans l'élément même un développement de chaleur également extraordinaire.

Avec 10 éléments de ce genre on chauffe jusqu'à l'incandescence un fil de platine de 2 millimètres de diamètre et 75 centimètres de longueur; quand on pompe, l'échauffement se produit graduellement à mesure que l'on pompe, et le fil reprend son aspect sombre dès que l'on cesse de pomper. Pour avoir une idée de la quantité de chaleur nécessaire pour produire cet effet, il suffit de se rappeler que pour rendre incandescent la même longueur de fil de platine de 1 millimètre de diamètre, il faut 70 ou 80 éléments Grove. M. Byrne a utilisé la propriété calorifique de cette pile pour la cautérisation.

Avec cette même pile de 10 éléments on obtient une lumière électrique petite, mais très-brillante, entre denx pointes de charbon. La force électro-motrice de chaque élément est de 1,7 volts environ, et sa résistance intérieure est, selon M. Preece, si petite, qu'on ne peut la mesurer à l'aide des instruments ordinaires.

On ne sait pas encore à quoi attribuer le grand accroissement de l'intensité du courant qui résulte de l'envoi de l'air dans l'élément. Afin de déterminer si cet effet tient à l'action chimique de l'air ou à une action purement mécanique, M. Ladd a insufflé successivement dans l'élé-

ment de l'air, de l'oxygène et de l'hydrogène ; mais le résultat a toujours été le même, quel que fût le gaz insufflé; d'où il a conclu que cet effet est dû à une cause mécanique. Comme l'accroissement d'intensité du courant peut tenir, soit à un accroissement de la force électromotrice, soit à une diminution de la résistance, M. Preece a mesuré la force électro-motrice de l'élément au repos, et celle de l'élément pendant qu'on envoyait de l'air ; il n'a découvert aucune différence. Il a opéré de même pour la résistance, mais celle-ci est si faible qu'il n'a pu la mesurer à l'aide des moyens ordinaires. M. Byrne pense que l'effet est dû à une action dépolarisante de l'air sur les plaques de l'élément; mais les expériences de M. Preece ne permettent pas d'accepter cette explication.

La haute température qui se développe dans l'élément pendant que l'on pompe est un fait remarquable : la chaleur est telle, qu'il est impossible de tenir l'élément à la main, au bout d'un moment.

M. Preece pense que l'échauffement de l'élément diminue sa résistance intérieure; mais ne serait-il pas plus vrai de dire que cet échauffement est dû lui-même à l'action chimique anormale qui se produit dans l'élément, et qui est nécessaire à la production du courant puissant que l'on constate ?

Le professeur Adams émet l'idée que ce phénomène peut résulter de la circulation que l'air imprime au liquide, laquelle amènerait de l'acide frais au contact de la plaque de zinc : ce qui produirait le double effet d'augmenter l'action chimique et de diminuer la résistance.

M. Preece répond à cela que si le phénomène était dû au renouvellement de l'acide, il ne durerait qu'un instant, tandis qu'au contraire l'échauffement du fil de

platine, qui est la conséquence de l'augmentation de l'intensité du courant, se maintient aussi longtemps que l'on pompe.

M. Ladd incline à penser que la cause du phénomène réside principalement dans le pôle positif de l'élément et dans la petitesse de sa résistance; et M. le docteur Byrne attribue également au pôle positif en grande partie, l'efficacité de l'élément. Ce dernier aurait obtenu aussi des effets remarquables en employant l'acide sulfurique étendu d'eau, comme liquide excitateur, sans insuffler de l'air, mais en conservant la plaque composée qui forme le pôle positif.

(*Engineering.*)

CHRONIQUE.

Nouveaux effets produits par le téléphone.

Par M. du Moncel.

Bien que plusieurs physiciens aient pu distinguer la reproduction de la parole dans un téléphone sans diaphragme de fer, cet effet était tellement difficile à constater, que plusieurs personnes en nièrent l'existence. M. Hughes, en mettant à contribution son microphone, semble l'avoir démontré par les expériences suivantes :

1° Si une bobine magnétisante, enveloppant un barreau de fer doux, est interposée dans le circuit d'un microphone avec une pile de trois éléments, les battements d'une montre peuvent être entendus en approchant l'oreille de l'électro-aimant ainsi constitué. En fixant l'électro-aimant sur une planche en bois, et adaptant sur cette planche un second microphone, celui-ci amplifie les sons émis par l'électro-aimant, et on les entend très-distinctement dans le téléphone mis en rapport avec ce second microphone.

2° Les sons peuvent être encore plus amplifiés en appuyant l'une des extrémités du noyau de l'électro-aimant sur l'un des pôles d'un aimant permanent, fixé sur la planche. Alors l'articulation de la parole peut être distinguée dans le téléphone mis en rapport avec le microphone posé sur la planche.

3° Si l'on place l'électro-aimant entre les deux pôles d'un aimant en fer à cheval, les effets se trouvent encore plus marqués.

4° Les deux pôles d'un aimant en fer à cheval étant introduits ensemble à l'intérieur d'une même bobine donnent également des effets énergiques, bien que, par le fait de cette disposition, l'un des pôles puisse neutraliser l'effet de l'autre; mais les effets les plus importants ont été obtenus en plaçant

une armature de fer doux en travers des pôles de l'aimant déjà introduits dans la bobine. Dans ces conditions, on entend très-distinctement les sons articulés.

Si l'on fixe sur une même planchette horizontale deux microphones à charbon vertical, et que l'on relie ces microphones, l'un à un troisième servant de transmetteur, l'autre à un téléphone, et qu'on introduise, dans chacun des deux circuits, une pile, on entend dans le téléphone les mots prononcés devant le microphone transmetteur. Les sons sont un peu faibles, mais suffisants pour montrer qu'on peut constituer de cette manière un relais téléphonique sans organe électro-magnétique et sans diaphragme quelconque.

. . . .

Les microphones récepteurs sont aujourd'hui assez perfectionnés pour permettre d'entendre la parole presque aussi bien qu'avec un téléphone Bell, sous l'influence d'une pile Leclanché de 3 éléments seulement.

Un simple morceau de charbon adapté au centre d'un disque de fer-blanc ou de cuivre et sur lequel appuie, sous une pression susceptible d'être réglée, un autre morceau de charbon porté par un support élastique et tendu, tel est tout l'appareil, qui peut d'ailleurs, être employé aussi bien comme transmetteur que comme récepteur.

Avec ce système, employé comme transmetteur, on peut encore obtenir des effets très-intéressants. Si l'on desserre la vis de réglage, de manière que les vibrations de la plaque produisent des interruptions de courant, et que l'on fasse passer le courant de la pile à travers une petite bobine d'induction, le courant induit de cette bobine, passant à travers un téléphone dans le circuit duquel seront interposées les deux armures d'un petit condensateur à plusieurs lames, fera répéter à ce condensateur les airs chantés devant le transmetteur, et cela avec une force telle que l'on pourra les entendre dans toute une salle. Ils seront également reproduits dans le téléphone. Ce système n'est, du reste, pas nouveau; car le téléphone de M. Varley n'est pas autre chose.

(*Comptes rendus.*)



Application du téléphone à la détermination du méridien magnétique.

Par M. H. de Parville.

Lorsque l'on remplace, dans le téléphone ordinaire, le court barreau aimanté par une tige de fer doux d'au moins un mètre de longueur, l'appareil transmet encore les sons, mais avec une intensité qui varie suivant l'orientation de la tige ; les expériences de M. Blake ne laissent aucun doute à cette égard. Le maximum d'intensité du son qui parvient au récepteur correspond à l'orientation du transmetteur, dans la direction de l'aiguille aimantée. Le son s'éteint plus ou moins complétement, lorsque le téléphone est placé dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique. Cette remarque semble pouvoir conduire à une application.

Si l'on installe, en effet, sur une suspension à la Cardan, un téléphone transmetteur à longue tige, muni d'un résonnateur quelconque et fixé obliquement à peu près suivant l'angle d'inclinaison d'un lieu, il sera toujours facile de lui faire parcourir l'horizon. Lorsque le récepteur communiqant avec cet appareil restera silencieux, c'est que le transmetteur sera à angle droit avec le méridien magnétique. On pourra déterminer aussi, non-seulement la direction de l'aiguille aimantée, mais encore, approximativement, les variations d'intensité magnétique.

Cette méthode semble applicable à bord d'un navire, pour la correction des compas de route, dans quelques circonstances, notamment lorsque, malgré le système de compensation usité, les indications de la boussole peuvent être faussées dans le voisinage de roches magnétiques ou d'îles riches en gisements de fer.

Il serait possible, au surplus, d'utiliser directement le magnétisme temporaire que prend une tige de fer, pour obtenir un tracé de différentes directions suivies par un navire, et un contrôle automatique des indications des compas. Imaginons, en effet, immobilisée dans l'axe du navire symétriquement par rapport à la coque, une tige de fer doux de plusieurs mè-

tres de longueur, portant à l'une de ses extrémités une bobine magnétique. La bobine est reliée à l'appareil encreur dont on se sert en télégraphie transatlantique pour recueillir la trace de très-faibles courants. Les mouvements de tangage, en changeant l'orientation de la tige de fer, créeront des courants d'induction, et l'intensité de ces courants sera fonction du cap du bâtiment. Le diagramme, tracé sur l'appareil enregistreur, révèlera la direction suivie et contrôlera l'indication du compas.

Il est à peine utile d'ajouter qu'une semblable tige de fer, installée le long du mât, pourrait sans doute indiquer aussi, par l'enregistrement des courrants d'induction produits, l'amplitude des mouvements de tangage et de roulis d'un navire.

(*Comptes rendus*).

Électro-motographe de M. Edison (*).

Cet appareil permet d'obtenir, sous l'influence d'une force électrique excessivement minime et sur des circuits d'une très-grande longueur, des effets mécaniques sans l'intervention d'aucun organe électro-magnétique. Il est basé sur ce principe que, si une feuille de papier un peu rugueuse, trempée dans certaines solutions, telles que de l'hydrate de potasse, est appliquée sur une lame métallique platinée et qu'on fasse glisser à sa surface une lame métallique qu'on choisit de préférence en plomb ou en thallium, mais qui peut être très-bien en platine, il se produit, au moment du passage du courant, un certain *lissage de la surface* du papier qui rend le frottement beaucoup plus faible, et crée ainsi une action qui, étant différente de celle produite quand le courant ne passe pas, permet de provoquer des effets mécaniques utilisables. C'est ainsi qu'en employant comme corps frotteur une tige métallique articulée, maintenue dans une position déterminée par un ressort, cette tige, étant pour un certain réglage entraînée

(*) Voir *Annales*, t. IV, p. 245.

par son frottement sur la bande de papier que nous supposerons mobile, pourra revenir sur ses pas au moment où le courant passera, et deviendra ainsi susceptible de déterminer un contact de pile locale qui réagira comme dans un relais. C'est encore ainsi qu'en adoptant le frotteur en question à une caisse résonnante et interposant le système dans le circuit d'un téléphone à pile, on pourra obtenir, par suite de la même action, des vibrations du résonnateur qui seront la reproduction de celles des sons émis dans le téléphone. On se trouve donc avoir ainsi un récepteur téléphonique, sans organe électro-magnétique, qui est d'une très-grande sensibilité. Ce système, toutefois, est surtout applicable à la reproduction des sons musicaux, bien que M. Adams, le collaborateur de M. Edison, ait affirmé que la parole a pu être reproduite de cette manière.

On peut, du reste, se rendre compte facilement de l'action déterminée en cette circonstance, en prenant le ressort entre les doigts; si on le promène sur la feuille de papier sensibilisé au moment où le circuit se trouve fréquemment interrompu au poste de transmission, on sent comme des pulsations qui correspondent à chaque passage du courant.

Un certain nombre de substances peuvent déterminer les effets dont il vient d'être question, mais le pôle de la pile en rapport avec le ressort frotteur doit varier suivant ces substances. Ainsi, quand on emploie de l'hydrate de potasse, du ferrocyanure de potassium et la plupart des alcalis, le frotteur doit être en rapport avec le pôle négatif. Quand, au contraire, on emploie de l'acide pyrogallique, du nitrate de sodium, etc., ce frotteur doit être positif.

Avec certaines substances cependant, telles que le silicate de soude (verre soluble), l'hydrate de potasse, l'effet peut être produit, quelle que soit la nature du pôle mis en communication avec le frotteur.

Enfin il est certaines substances, comme le sulfate d'aniline, qui produisent, sur des circuits de grande résistance, les effets qui ont été décrits, alors qu'elles ne les produisent pas sur des circuits peu résistants.

(*Comptes rendus.*)

La harpe téléphonique et le Téléphone.

M. Frédéric A. Gower, à la réunion du 8 mai de la « Society of télégraph Engineers », a lu un mémoire sur la harpe téléphonique, instrument qui permet de reproduire à distance un air de musique par l'intermédiaire d'un fil télégraphique ordinaire. Cet instrument a été construit sous deux formes, dont l'une peut être appelée le piano téléphonique, et l'autre l'harmonium téléphonique.

Dans le premier cas, ce sont des marteaux actionnés par les touches qui produisent les sons, tandis que dans le second cas, ce sont des languettes métalliques que fait vibrer le vent d'une soufflerie : l'admission de l'air est réglée alors par des soupapes mises en jeu par les touches de l'instrument. Malgré cette différence dans la façon dont sont émis les sons originaux, le principe sur lequel repose la transmission de ces sons à distance est le même dans les deux instruments.

A la tige ou languette est fixée, par une de ses extrémités, une languette plus petite, portant à son extrémité libre une petite plaque de platine qui établit un contact avec une vis platinée, toutes les fois que la grande tige est mise en vibration. La vis est réglée de telle sorte, qu'elle ne touche pas le contact placé sur la petite languette, quand celle-ci est au repos; mais elle en est si rapprochée qu'il y a courant électrique dès que cette dernière fait la plus petite vibration. L'appareil est mis en circuit électrique avec une pile et avec un téléphone placé à la station correspondante. Au dessous de la tige se trouve, soit un marteau qui frappe sur elle, soit une boîte à soupape reliée pneumatiquement à une soufflerie.

Le jeu de l'instrument a pour effet de transmettre le long du fil de ligne à la station correspondante la série de courants intermittents qui sont la conséquence des successions de contacts établis et interrompus par l'arrangement que nous venons de décrire.

La délicatesse avec laquelle les pièces de contact peuvent être ajustées de manière à offrir le minimum de résistance à la vibration des languettes, est telle qu'après avoir frappé sur

une touche, on entend pendant 85 secondes une note continue dans le téléphone.

(*Engineering.*)

Galvanomètre de force électro-motrice et d'intensité.

Par M. A. Gaiffe.

Les galvanomètres ne sont pas des instruments de très-grande précision, mais ils permettent de déterminer, à un centimètre près environ, rapidement et par simple lecture, la force électro-motrice et l'intensité d'un courant.

Le cadre multiplicateur du galvanomètre de force électro-motrice porte un fil d'une résistance considérable (environ 3000 unités de l'association britannique), afin que celle du générateur électrique soit négligeable et que les déviations de l'aiguille aimantée soient très-sensiblement proportionnelles aux forces électro-motrices.

Deux bobines additionnelles qu'on peut introduire dans le circuit, à l'aide d'une simple clef de rhéostat, permettent de rendre à volonté la résistance de l'instrument encore dix ou cinquante fois plus grande.

Le cercle gradué porte 60 divisions, 30 de chaque côté du zéro, qui sont soigneusement établies expérimentalement, à l'aide de courants de tensions connues. Chaque division représente 1/10 de volt lorsque le galvanomètre est employé seul; la première bobine additionnelle, en décuplant la résistance du circuit, décuple aussi la valeur des divisions, qui représentent alors des volts; enfin la seconde bobine, en quintuplant encore la résistance, donne à chaque degré la valeur de 5 volts.

L'appareil permet ainsi de mesurer des forces électro-motrices variant de 0,1 à 150 unités.

Le galvanomètre d'intensité offre la même disposition générale que le précédent, mais son cadre multiplicateur a une faible résistance, afin que les déviations ne dépendent plus que de l'intensité. De plus, le rhéostat est remplacé par des

dérivations à l'aide desquelles, en dérivant les courants dans des proportions connues, on donne aux divisions des valeurs en rapport avec les intensités à mesurer.

Si le galvanomètre est seul dans le circuit, ses degrés représentent des dix-millièmes d'unité de l'association britannique; avec la première dérivation, les divisions représentent des centièmes; enfin avec la seconde les divisions représentent des unités.

L'instrument permet de mesurer des intensités variant entre 0,0001 et 200 unités.

Il est rare que dans les applications médicales, en vue desquelles ces instruments ont été construits, et même dans les applications industrielles, on ait à mesurer des courants dont les forces électro-motrices et les intensités ne soient pas comprises dans les limites fixées plus haut. Il serait, du reste, facile d'écarter ces limites autant que cela pourrait devenir nécessaire.

(*Journal de physique*)

Étincelle électrique ambulante.

Par M. G. Planté.

Les condensateurs à lame de mica qui entrent dans la construction de la machine rhéostatique se percent quelquefois, quand les lames de mica sont trop minces, sous l'action du courant de 800 couples secondaires, de même que le verre d'une bouteille de Leyde trop fortement chargée par une machine électrique. Cet accident m'a donné l'occasion d'observer un fait très-curieux, qui consiste dans une marche lente et progressive de l'étincelle électrique, et permet d'assister au développement successif de ses capricieuses sinuosités.

L'un de ces condensateurs étant posé sur un plateau métallique isolé, en relation avec un des pôles de la batterie secondaire, si l'on touche l'armature snpérieure avec l'autre pôle. une étincelle éclate sur un des points du condensateur où le mica est trop mince, ou présente d'avance quelque fissure, Cette étincelle se met en mouvement, sous forme d'un petit

globule lumineux très-brillant qui est accompagné d'un bruissement particulier, et trace lentement, sur la lame d'étain du condensateur, un sillon profond, sinueux et irrégulier.

Dans ces expériences un tube à eau distillée a été préalablement interposé dans le cicuit de la batterie secondaire, pour éviter des effets calorifiques trop intenses et la déflagration de tout le condensateur.

Pendant que le phénomène se produit, on ne peut prévoir d'avance par quels points passera l'étincelle; rien n'est plus bizarre que la marche de ce petit globule éblouissant, que l'on voit cheminer lentement et choisir les points sur lesquels il doit se diriger, suivant la résistance plus ou moins grande des divers points de la lame isolante.

Le condensateur se trouve découpé à jour sur le trajet de l'étincelle, et l'étain forme un double chapelet de grains fondus autour des bords du mica consumé. C'est une sorte d'arc voltaïque qui se produit successivement, aux dépens de la matière du condensateur, comme dans les bougies électriques de M. Jablochkoff; mais le mica contribue ici à l'éclat du globule, plus encore que l'incandescence du métal, en produisant, comme le quartz et les silicates, la lumière électro-silicique.

Cette expérience peut jeter un nouveau jour sur le phénomène de la foudre globulaire. Elle confirme les vues déjà émises, sur ce sujet, par M. du Moncel, en 1857, et les considérations que j'ai exposées depuis, en me basant sur d'autres expériences. Il en résulte qu'il doit se former vraisemblablement, sur le point où apparait ce genre de manifestation de la foudre, les éléments d'un condensateur dans lequel une colonne d'air humide fortement électrisée joue le rôle de l'armature supérieure, le sol celui de l'armature inférieure, et la couche d'air interposée celui de la lame isolante.

Ici, l'étincelle est, sans doute, un globule de matière en fusion, d'une nature différentes de celle qui constitue les globules fulminants. Mais j'ai fait voir aussi qu'on pouvait obtenir, avec de l'électricité dynamique à haute tension, des flammes électriques globulaires formées uniquement des éléments de l'air et des gaz de la vapeur d'eau raréfiés et incandescents, et que ces globules suivaient naturellement les mouvements imprimés à l'électrode au-dessus de la surface conductrice.

Il ne restait plus qu'à montrer que les globules électriques lumineux, fussent-ils formés d'une autre matière, peuvent se mouvoir spontanément et lentement, alors même que l'électrode reste immobile. L'expérience que je viens de décrire met ce fait en évidence, et me paraît de nature à expliquer, en particulier, la marche lente et capricieuse de la foudre globulaire.

(*Comptes rendus*).

Signaux de brouillard de Tyndall.

M. Tyndall a complété, en 1876 et 1877, à Woolwich et à Shœburyness, les expériences faites en 1872-1873 à South-Foreland sur la valeur des signaux qu'on peut employer en temps de brouillard. Il a constaté d'abord qu'un canon, muni d'un pavillon parabolique qui empêche la dispersion du son, est très-supérieur aux autres pièces chargées de la même quantité de poudre, et que l'intensité du son est d'autant plus grande que la combustion de la charge est plus rapide; ces résultats l'amenèrent à essayer le fulmi-coton et à le faire détoner à l'air libre ou au foyer d'un réflecteur parabolique. La détonation du fulmi-coton à l'air libre est au moins égale à celle du meilleur canon, et le réflecteur augmente encore la portée; dans une direction inclinée sur l'axe du réflecteur et surtout en arrière de la station, la détonation du fulmi-coton à l'air libre est supérieure à tous les autres procédés. On évite complétement les dégâts que pourrait produire lexplosion, par l'emploi de fusées munies d'une charge de fulmi-coton, dont l'idée est due à sir Richard Collinson.

On a composé dans plusieurs séries d'expériences ces fusées avec des charges égales de fulmi-coton enflammées à une faible hauteur au-dessus du sol, avec des poids égaux de poudre-coton comprimée, avec des canons de différentes formes et une sirène mue par l'air comprimé. Dans tous les cas, le fulmi-coton et généralement les fusils ont donné les meilleurs résutats; leur élévation dans l'air supprime l'influence des obstacles capables de produire des ondes sonores. Les petites

charges donnent des détonations proportionnellement beaucoup plus fortes que les grandes. Ainsi une fusée chargée de 8 onces était notée 6, 9, une fusée de 2 onces, 5, 9.

La poudre-coton comprimée est pratiquement équivalente au fulmi-coton. La portée de ces détonations est considérable malgré l'influence du vent : ainsi, dans des expériences de M. Prentice à Stowmarket (février 1877), on les a entendues à une distance de 19 milles. Ces fusées constituent donc un signal de brouillard soit dans les phares, soit à bord des navires.

Dans ces expériences, on a constaté souvent des échos aériens observés déjà à South-Foreland. Ces échos, qui semblent venir de la masse d'air en face de l'instrument, sans qu'il y ait de surface réfléchissante visible, s'éteignent peu à peu et durent souvent six ou sept secondes lorsque la mer est complétement libre. Lorsqu'un navire se trouve sur le trajet, le bordage renvoie un bruit sec facile à distinguer des échos. On a remarqué aussi des cas d'opacité acoustique dans l'air parfaitement transparent. On peut reproduire ces effets par l'expérience suivante : une série de 23 tubes de laiton fendus suivant leur longuenr forme un rectangle de 22 pouces sur 12. Ces tubes amènent du gaz d'éclairage. On place un tuyau à anche à une extrémité du rectangle et à l'autre extrémité une flamme sensible que les vibrations du tuyau font chanter ; on allume le gaz, la flamme revient au repos, mais elle vibre énergiquement si on la place en arrière du tuyau, tandis que dans cette position elle reste immobile lorsque le gaz n'est pas allumé. Les flammes produisent dans l'air des couches hétérogènes qui arrêtent le son et le renvoient en arrière, exatement comme dans les expériences à l'air libre.

C. Daguenet.

(*Journal de physique*).

L'Eclairage électrique, système J. Rapieff.

Un nouveau système pour produire la lumière électrique et diviser un courant unique en un certain nombre de foyers lumineux, est en ce moment essayé en Angleterre.

On sait que c'est là une des difficultés qui ont le plus entravé l'emploi de la lumière électrique. Les bougies de M. Jablochkoff, les premières, ont permis de résoudre la question d'une manière qui semble satisfaisante, et les expériences faites en ce moment en feront avant peu connaître exactement la valeur pratique.

Un autre inventeur, également de nationalité russe, M. Rapieff, propose aujourd'hui un nouvel appareil d'une extrême simplicité, et qui nous semble devoir attirer l'attention des hommes spéciaux.

Il emploie quatres charbons divisés en deux paires. Les deux charbons de la paire supérieure sont maintenus par des supports dans lesquels ils glissent et qui leur font prendre la position inclinée des deux jambages d'un V. Ces deux charbons sont poussés l'un contre l'autre, et c'est de la pointe du V, dont la position est absolument fixe dans l'espace puisqu'elle se trouve toujours à la rencontre des arcs des deux guides, que jaillit la lumière.

Les deux charbons inférieurs sont disposés de la même manière, un peu au-dssous et présentent la forme d'un V renversé dont le plan est perpendiculaire à celui des charbons supérieurs. La pointe de ce second V forme le second pôle entre lesquels jaillit l'arc voltaïque. Cette seconde pointe ayan comme la première, une position fixe dans l'espace, on peut très-facilement régler leur position de manière à donner à l'arc la longueur voulue par la tension du courant et le nombre de foyers lumineux qu'on veut obtenir.

Afin que le courant ne puisse jamais être interrompu, et que la lumière se rallume d'elle-même en cas d'arrêt accidentel, les deux supports inférieurs sont portés sur un levier qui se termine à son autre extrémité par l'armature d'un électro-aimant dans le fil duquel passe le courant pour se rendre aux charbons. Tant que ce courant passe, l'armature est attirée et les pointes de charbon sont à la distance voulue; mais dès que le courant cesse, l'aimant cesse d'attirer son armature et les deux pointes de charbon viennent au contact, de sorte que le courant se rétablit de lui-même.

Le changement des charbons se fait très-facilement, et sans qu'il soit pour cela nécessaire d'interrompre la lumière, car

chacune des branches du V peut être remplacée tandis que l'autre continue à conduire le courant. Les charbons, employés dans les essais qui ont lieu actuellement, ont $0^m,45$ de longueur et leur diamétre varie suivant les besoins.

Cet appareil, on le conçoit, fonctionne également bien avec les machines à courant continu et avec celles à courant alternatif; c'est un avantage marqué sur les bougies Jablohkoff qui ne donnent de bons résultats qu'avec ces dernières.

(*Annales industrielles.*)

Influence de l'état physique du gallium sur son rôle électro-chimique.

Par M. J. Regnauld.

« J'ai construit un couple dont les deux éléments métalliques sont le gallium solide et le gallium liquide reliés par une couche de sulfate de gallium neutre et dissous dans l'eau. Malgré les dimensions minuscules de ce couple hydro-électrique (environ 4 millimètres carrés), j'ai observé sur un galvanomètre à fil fin des déviations de plus de 40 degrés, parfaitement constantes dans leur direction et montrant, par leur sens invariable, que dans un couple formé de deux éléments métalliques chimiquement identiques, mais sous deux états physiques différents, la lame de métal liquide se constitue à l'état de tension négative, tandis que la lame solide prend la tension positive; la première, en un mot, fonctionne comme le zinc et la seconde comme le cuivre, le platine, le charbon dans le couple voltaïque classique plus ou moins modifié.

Cette expérience catégorique rend manifeste l'influence exercée par la chaleur de constitution d'un corps simple métallique sur l'énergie de ses propriétés chimiques.

(*Comptes rendus.*)

TABLE DES MATIÈRES.

TOME V°. — ANNÉE 1878.

Numéro de Janvier-Février.

Numéro de Mars-Avril.

Numéro de Mai-Juin.

Numéro de Juillet-Août.

Numéro de Septembre-Octobre.

Numéro de Novembre-Décembre.

TABLE ALPHABÉTIQUE ET SIGNALÉTIQUE

DES MATIERES.

TOME Ve. — ANNÉE 1878.

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

FIN DES TABLES

Le Gérant : DUNOD. — Imprimerie Arnous de Rivière, 26, rue Racine.



